

**MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD PARA EL FRIGORÍFICO METROPOLITANO SAS**

LUIS JESÚS SEPÚLVEDA SANGUINO

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2018**

**MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD PARA EL FRIGORÍFICO METROPOLITANO SAS**

LUIS JESÚS SEPÚLVEDA SANGUINO

**Monografía para optar al título de
Especialista en gerencia del mantenimiento y la confiabilidad**

Director: Magister ALFONSO SANTOS JAIMES

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2018

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del presidente del jurado

Firma del presidente del jurado

Bucaramanga, Mayo del 2018

DEDICATORIA

A Dios ante todo por sus bendiciones.

A mis padres por sus oraciones, esfuerzo, apoyo y el ejemplo de superación que han sido para mí durante toda su vida.

A mi amada esposa quien me ha acompañado en esta parte de mi vida llenándola de felicidad y por brindarme su apoyo en cada proyecto que emprendemos.

A mis hijos, a quienes amo y quiero dejarles mi ejemplo de perseverancia, esfuerzo, disciplina y responsabilidad.

A mis amigos que me han acompañado y me han dado momentos de alegrías inolvidables en mi vida.

A quienes de una u otra manera han hecho este proyecto posible.

Gracias totales ¡

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su bondad y por toda la felicidad que ha puesto en mi camino.

A la empresa Frigorífico Metropolitano por su apoyo, por brindarme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente y por toda la confianza que han depositado en mí.

A Reinaldo Herrera que ha sido un guía en mi camino, por ser un profesional que enseña con sus palabras y actos la mejor manera de aportar a la sociedad.

A Sulay Rueda y a Gonzalo Diaz por el interés puesto en mí, por sus consejos, y sus enseñanzas, las cuales me han hecho un mejor profesional.

A mi grupo de trabajo que me apoya, que me sigue y me respalda en todas las actividades y batallas del día a día.

A mis profesores de esta especialización, los cuales siempre han estado comprometidos con su tarea de formarnos, por entregarnos sus experiencias y sus recomendaciones para ser mejores cada día.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	13
1. OBJETIVOS	16
1.1. Objetivo General.....	16
1.2. Objetivos Específicos:	16
2. Mantenimiento centrado en confiabilidad.....	17
3. MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA FRIGORÍFICO METROPOLITANO SAS CENTRADO EN CONFIABILIDAD	21
3.1. Análisis de Frigometro dentro de la pirámide de excelencia de mantenimiento .	21
3.2. Ruta de implementación del programa de mantenimiento centrado en confiabilidad para el Frigorífico Metropolitano SAS.	23
3.2.1. Política de Mantenimiento de Frigorífico Metropolitano.....	25
3.2.2. Estrategia de mantenimiento de Frigometro SAS	26
3.2.3. Organigrama de Mantenimiento en Frigorífico Metropolitano SAS	27
3.3. Sistema de gestión de la calidad para mantenimiento en Frigometro SAS	29
3.4. Software de mantenimiento	31
3.5. Activos físicos de Frigorífico Metropolitano SAS.....	32
3.5.1. Formato para inclusión de activos físicos	32
3.5.2. Ruta de inspección para verificación de existencia de los activos físicos....	34
3.6. Codificación de activos físicos de Frigometro SAS	35
3.6.1. Método de codificación de activos físicos del Frigorífico Metropolitano SAS 35	
3.6.2. Actualización de activos físicos.	36
3.7. Análisis de criticidad del Frigorífico Metropolitano SAS.	42
3.7.1. Análisis de criticidad actualizado del Frigorífico Metropolitano SAS.....	42
3.8. Rutinas de mantenimiento de los activos del Frigorífico Metropolitano SAS	44
3.9. Inspección a parámetros y equipos críticos	46
3.10. Ruta de decisión para las tareas de mantenimiento	49
4. INDICADORES GERENCIALES.....	51
4.1. INDICADORES DE CALIDAD	51
4.1.1. Temperaturas de la cámara de conservación	51
4.1.2. Meta de temperatura en conservación.....	52
4.1.3. Temperaturas diarias del cuarto refrigerado	52
4.1.4. Meta de temperatura en refrigeración.....	53

4.2. INDICADORES DE DESEMPEÑO	53
4.2.1. Indicador de consumo de energía.....	53
4.2.1.1. Meta de indicador de consumo de energía	54
4.2.2. Indicador de consumo de agua	54
4.2.2.1. Meta de indicador de consumo de agua	55
4.2.2. Indicador de eficacia del programa de mantenimiento	56
4.2.2.1. Meta del indicador de eficacia del programa de mantenimiento	57
4.2.3. Indicador de disponibilidad de equipos críticos.....	57
4.2.3.1. Meta indicador de disponibilidad de equipos críticos.....	58
4.2.4. Indicador cumplimiento del presupuesto.....	58
4.2.4.1. Meta del cumplimiento del presupuesto	58
5. RCM (<i>Reliability Centred Maintenance</i>) al equipo crítico con menor tiempo entre fallos.....	59
5.1. Análisis de modos y efectos de falla del equipo (FMEA).....	59
5.2. Pareto de fallas de los últimos 7 años	61
5.3. Jerarquización de la falla	63
5.4. Nuevas tareas de mantenimiento.	66
5.5. Indicador de eficiencia de mantenimiento (MEI)	68
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
7. BIBLIOGRAFÍA.....	71
ANEXO A	72
ANEXO B	80
ANEXO C	82

LISTADO DE FIGURAS

<i>Figura 1. Objetivos de la gestión de activos del Frigorífico Metropolitano SAS en la pirámide de la excelencia.</i>	<i>22</i>
<i>Figura 2. Ruta de implementación del sistema de gestión de mantenimiento de activos centrado en confiabilidad para Frigorífico Metropolitano SAS.</i>	<i>24</i>
<i>Figura 3. Esquema de la estrategia de mantenimiento del Frigorífico Metropolitano SAS.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 4. Organigrama del departamento de mantenimiento del Frigorífico Metropolitano SAS.</i>	<i>27</i>
<i>Figura 5. Página principal del software de mantenimiento SAIM.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 6. Ruta para la actualización de activos físicos de Frigorífico Metropolitano SAS.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 7. Ruta de decisión para las tareas de mantenimiento</i>	<i>50</i>
<i>Figura 8. Grafico del indicador de temperatura de la cámara de conservación.</i>	<i>51</i>
<i>Figura 9. Gráfica del indicador de temperaturas de los cuartos refrigerados.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 10. Gráfica del indicador del porcentaje de consumo de energía utilizado .</i>	<i>54</i>
<i>Figura 11. Gráfica del indicador del porcentaje de consumo de agua.</i>	<i>55</i>
<i>Figura 12. Gráfica del indicador del porcentaje de horas hombre preventivas de tres meses.</i>	<i>56</i>
<i>Figura 13. Reporte de disponibilidad y confiabilidad de equipo críticos con el software SAIM.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 14. Pareto de modos de fallos del montacargas Crown.....</i>	<i>63</i>

LISTADO DE TABLAS

<i>Tabla 1. Formato de inclusión de activos físicos de infraestructura.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 2. Formato de inclusión de activos físicos de maquinaria y equipos.....</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 3. Tabla de codificación de activos para las sedes de Frigorífico Metropolitano SAS.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 4. Formato diligenciado de inclusión de activos físicos de infraestructura actualizada con las nuevas zonas.</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 5. Tabla de inclusión de activos físicos de maquinaria y equipos actualizados.</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 6. Análisis de criticidad. Método de frecuencia de fallas x consecuencia. ...</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 7. Formato de evaluación de equipos críticos mostrando los de mayor criticidad.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 8. Rutinas de mantenimiento de montacargas.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 9. Formato de inspección de equipos críticos.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 10. FMEA del equipo montacargas Crown.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 11. Pareto para los modos de falla del montacargas Crown.....</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 12. Tabla de valores para los niveles de jerarquización de modos de fallo.</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 13. Tabla para interpretar el NPR.</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 14. Jerarquización de modos de fallo para el Montacargas Crown.....</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 15. Tareas de mantenimiento para RCM del montacargas Crown.</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 16. Tabla de cálculos de MEI para las tareas propuesta.</i>	<i>69</i>

LISTADO DE ECUACIONES

<i>Ecuación 1. Cálculo del porcentaje de consumo de energía.</i>	<i>53</i>
<i>Ecuación 2. Fórmula para el cálculo del porcentaje de agua utilizada.....</i>	<i>55</i>
<i>Ecuación 3. Fórmula para el cálculo del porcentaje de horas hombre preventivas</i>	<i>56</i>
<i>Ecuación 4. Fórmula para el cálculo del NPR.....</i>	<i>63</i>
<i>Ecuación 5. Ecuación para calcular el MEI.....</i>	<i>68</i>

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA EL FRIGORÍFICO METROPOLITANO SAS

AUTOR(ES): LUIS JESÚS SEPÚLVEDA SANGUINO

PROGRAMA: Esp. en Gerencia De Mantenimiento Y Confiabilidad

DIRECTOR(A): ALFONSO SANTOS JAIMES

RESUMEN

La presente monografía propone un modelo para la implementación del plan de gestión de activos centrado en confiabilidad para el Frigorífico Metropolitano SAS. Dicho modelo consta de una serie de pasos organizados y sistemáticos que aplicados de manera correcta fortalece a la organización al contar con una gestión de mantenimiento de alto nivel de eficiencia y calidad. El modelo propuesto aplica técnicas modernas para predicción de fallos, análisis de indicadores gerenciales y da estructura al departamento tanto en sus responsabilidades como en las jerarquías. El modelo puede ser ajustado a cualquier tipo de empresa, tanto de producción como de prestación de servicios, brindando las mismas bondades y ventajas ofrecidas a la organización anteriormente mencionada.

PALABRAS CLAVE:

Mantenimiento, confiabilidad, indicadores, Frigorífico.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: MODEL OF MAINTENANCE MANAGEMENT FOCUSED ON RELIABILITY FOR FRIGORÍFICO METROPOLITANO SAS

AUTHOR(S): LUIS JESÚS SEPÚLVEDA SANGUINO

FACULTY: Esp. en Gerencia De Mantenimiento Y Confiabilidad

DIRECTOR: ALFONSO SANTOS JAIMES

ABSTRACT

This monograph proposes a model for the implementation of the asset management plan focused on reliability for Frigorífico Metropolitano SAS. This model consists of a series of organized and systematic steps that applied in a correct way strengthens the organization by having a high level of efficiency and quality maintenance management. The proposed model applies modern techniques for predicting failures, analyzing managerial indicators and gives structure to the department, both in its responsibilities and in the hierarchies. The model can be adjusted to any type of company, both production and service provision, giving the same benefits and advantages offered to the aforementioned organization.

KEYWORDS:

Maintenance, reliability, indicators, refrigerated warehouse.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

El documento describe una forma sistemática y estratégica para la implementación y administración de mantenimiento de activos enfocándola a la actividad productiva en la cual está ubicado el Frigorífico Metropolitano SAS, pero que fácilmente se puede ajustar a cualquier otra empresa similar, o de distinta índole productiva. El documento aplica una visión actual de la gestión de activos donde expone en forma práctica y resumida todas las características y temas que se deben abordar para que dicha gestión sea efectiva y rentable. Todas las teorías y normas concernientes a la gestión de activos encierran fundamentos similares como los enmarcados en la norma PAS 55¹, y es materia de estudio de los especialistas en mantenimiento y confiabilidad y actualmente de gran aplicación profesional.

La gestión de mantenimiento de activos se basa normalmente en una estrategia donde es importante comprender las necesidades de los clientes para que haya una perfecta sinergia, dando continuidad y sostenibilidad al negocio. No se debe descuidar en toda estrategia el cumplimiento de los requerimientos legales, lo cual da solidez y confianza a los clientes. Siempre que se planea y se define la estrategia se debe tener como metas buscar la mayor rentabilidad, el control de riesgos y el desempeño de la empresa como los grandes pilares de la organización.

Para que el mantenimiento sea eficaz es vital tener una información lo más completa posible de los sistemas, equipos y accesorios que conforman el grupo de activos; adicionalmente que se cuente con un fácil acceso a esta. Es relevante para la efectividad de la gestión, hacer un seguimiento al estado de los activos,

¹ La PAS 55 Es una norma internacional para la gestión de activos definida en UK por el Instituto de Asset Management (IAM) y basada en normas de BS e ISO se publica en 2004 la primera edición de esta PAS (Publicly Available Specification).

dicho de otra manera un seguimiento a la condición de estos, basado en procedimientos y procesos previamente planificados y establecidos, donde se contemple la frecuencia de inspección, las normas, los riesgos, los costos y los parámetros estándar que evalúan el estado y la eficiencia del sistema.

La empresa Frigorífico Metropolitano SAS cuenta con un modelo de gestión de mantenimiento basado en procedimientos preventivos y correctivos, incluido en el programa de calidad certificado bajo la ISO 9001, el cual establece procedimientos con tareas claras, con información de costos de materiales y tiempos estimados para la ejecución. El alcance del modelo propuesto comprende equipos de refrigeración, transporte de productos, equipos misceláneos, infraestructura, equipos para protección de trabajos de alto riesgo y equipos para detección y control de incendios. La organización cuenta con indicadores que miden la eficiencia en la ejecución de tareas programadas y servicios solicitados pero tiene como debilidad la ausencia de indicadores que permitan tomar decisiones administrativas que aumente la disponibilidad y la eficiencia de los activos.

El modelo propuesto de gestión involucra el uso de herramientas informáticas (CMMS)² para administrar las tareas de manera integral, generando indicadores y análisis del proceso. Las tareas propuestas para cada activo son de índoles preventivas, predictivas y correctivas basadas en la criticidad, en las normas y leyes vigentes, en recomendaciones del fabricante, en la experiencia del grupo planeador de mantenimiento; o en su condición evaluada a través de rutinas de inspección. Dichas tareas son ajustadas de acuerdo a los análisis RCM³, los

² CMMS, acrónimo de computerized maintenance management system, es una herramienta de software que ayuda en la gestión de los servicios de mantenimiento de una empresa u organización.

³ El análisis RCM o *Reliability Centered Maintenance* es una metodología para el desarrollo de un plan de mantenimiento basada en el análisis de fallos de la instalación, activo o sistema.

cuales se ejecutan si un activo presenta tiempos entre fallos menores a quince días durante dos meses consecutivos.

El modelo propuesto es punto de referencia para implementar un programa de mantenimiento en empresas del mismo sector o de cualquier índole.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General:

Proponer un modelo de gestión de mantenimiento basado en la confiabilidad para el Frigorífico Metropolitano SAS, que permita obtener indicadores gerenciales para la toma de decisiones.

1.2 Objetivos Específicos:

- Actualizar el listado de activos de la planta del Frigorífico Metropolitano SAS, incluyendo la información técnica a través del diligenciamiento de un formato y una visita de inspección.
- Realizar el análisis de criticidad de los activos de la empresa aplicando la metodología de frecuencia por consecuencia.
- Elaborar rutinas detalladas y frecuencias de mantenimiento empleando la información de los fabricantes y el resultado de criticidad.
- Definir rutas diarias de inspección para los equipos críticos analizando condiciones y parámetros de operatividad.
- Establecer indicadores gerenciales utilizando la información del software de gestión de mantenimiento.

2. Mantenimiento Centrado En Confiabilidad

Como su nombre indica, lo más importante de este modelo de mantenimiento es la confiabilidad⁴ de los activos para asegurar producciones continuas y constantes. Cabe resaltar que como referente para analizar la confiabilidad se cuenta con la criticidad y el tiempo medio entre fallos de los activos, además de la capacidad de adelantarnos a las fallas por medio de los métodos actuales de análisis predictivos, buscando condiciones que indiquen la cercanía de una posible falla o parada. Muchos autores definen el mantenimiento centrado en confiabilidad y el mantenimiento predictivo de la misma forma, debido a que ambas conllevan a la misma idea, la cual es tener tareas para monitorear condiciones específicas, seleccionadas previamente con métodos no intrusivos para tomar decisiones y planear trabajos de mantenimiento anticipándonos a la falla.

Actualmente es uno de los métodos más utilizados en los equipos críticos de las grandes compañías debido a las grandes ventajas económicas y de disponibilidad de producción que esta estrategia ofrece.

Se puede comparar dicha estrategia con los métodos modernos de medicina donde el doctor diagnostica al paciente sin necesidad de operarlo o intervenirlo. Bien se sabe que los doctores diagnostican a través de análisis de sangre, orina, endoscopias, entre otros, y cuando detecta ciertas enfermedades o anomalías se hacen exámenes con más frecuencia para monitorear dicha condición. Por ejemplo cuando alguien presenta diabetes, los doctores analizan constantemente los niveles de azúcar para saber qué cantidad y frecuencia de medicamento se debe formular. De esta misma manera el ingeniero de mantenimiento o confiabilidad hoy día puede hacer acciones similares con sus equipos debido a que puede leer y analizar ciertas condiciones de los equipos que le permite tomar

⁴ La confiabilidad es la capacidad de un activo o componente para realizar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo dado.

decisiones para disminuir la posibilidad de falla o algunas veces eliminarla justo antes de que esta pueda ocurrir.

Dentro de la matriz de excelencia de mantenimiento⁵ este tipo de estrategias forma parte del nivel 3 y 4, y son base de una gestión de activos de clase mundial.

La tendencia moderna de la industria es utilizar técnicas predictivas dentro de sus estrategias de mantenimiento, y ha empezado a dejar atrás los mantenimientos preventivos los cuales eran antes comúnmente utilizados, pero muchos de ellos innecesarios. Siempre ha sido el objetivo del mantenimiento preventivo reducir las paradas no planificadas por avería, lo cual es el gran objetivo en los procesos productivos continuos. Pero si se sustituyen piezas sólo por el criterio de horas de funcionamiento, se corre el riesgo de programar trabajos inútiles para reparar máquinas que están en perfecto estado y provocar una situación de riesgo de fallo o parada al intervenir activos porque el hecho que se cumplió la fecha programada para una tarea planificada. Siempre se debe hacer la pregunta cuándo se programa o se planea una operación de mantenimiento: ¿se es consciente del valor que genera dicha intervención?

Se han desarrollado varios métodos para la medición de las condiciones de los equipos y activos, tales como el análisis de vibraciones⁶, las inspecciones termográficas⁷, el análisis de aceite⁸, el análisis de agua, la detección de

⁵ Pirámide de la excelencia de Mantenimiento. Fuentes: Management Engineer, WZL/Fraunhofer IPT, IFM electronic, DIN31051, Betriebliche Instandhaltung Reichel, Müller, Mandelartz

⁶ El análisis de vibraciones es la principal técnica para supervisar y diagnosticar la maquinaria rotativa e implantar un plan de mantenimiento predictivo. El análisis de vibraciones se aplica con eficacia desde hace más de 30 años a la supervisión y diagnóstico de fallos mecánicos en máquinas rotativas.

⁷ La termografía es una técnica que permite determinar temperaturas a distancia y sin necesidad de contacto físico con el objeto a estudiar. La termografía permite captar la radiación infrarroja del espectro electromagnético, utilizando cámaras térmicas o de termovisión.

⁸ El Análisis de aceite es un conjunto de procedimientos y mediciones aplicadas al aceite usado en las máquinas y equipos, que facilitan el control tanto del estado del lubricante, como de manera indirecta permiten establecer el estado de los componentes.

ultrasonidos⁹, el análisis de resistencia de aislamiento de motores eléctricos, el análisis de condiciones operacionales, la flujometría de calor, la cromatografía de gases¹⁰, el análisis fisicoquímico de aceites dieléctricos, las descargas parciales, entre otros.

Según algunos autores se debe cumplir con las siguientes condiciones para considerar que una tarea sea predictiva: que la medida sea no intrusiva, que el resultado de la medida pueda expresarse en unidades físicas, o en índices adimensionales, que la variable medida ofrezca una buena repetibilidad, que la variable predictiva pueda ser analizada para que represente algún modo típico de fallo de un equipo, que la medida de las variables se realice de forma periódica como rutina, que la estrategia permita la coordinación entre el servicio de verificación predictiva y la planificación del mantenimiento y que el departamento de mantenimiento esté preparado para reaccionar ante la eventualidad de un diagnóstico que mande acciones inmediatas.

Actualmente, se pueden encontrar en el mercado sistemas de diagnóstico predictivo de bajo costo y de altas prestaciones que reducen considerablemente los gastos por mantenimiento predictivo. Los sistemas de medida de parámetros de supervisión en continuo reducen los costes de operación de los sistemas predictivos y aumentan en gran medida su fiabilidad, al generarse abundante información de gran calidad a un coste mínimo.

El uso de la estrategia de mantenimiento basada en la condición da grandes ventajas entre las cuales están el aumento de la disponibilidad de la maquinaria o equipos. A la vez mejora de la confiabilidad del sistema y reduce el número de

⁹ El análisis de ultrasonido estudia las ondas de sonido de baja frecuencia producidas por los equipos que no son perceptibles por el oído humano. El Ultrasonido permite detección de fricción en máquinas rotativas, detección de fallas y/o fugas en válvulas, detección de fugas de fluidos, pérdidas de vacío, detección de "arco eléctrico", verificación de la integridad de juntas de recintos estancos, erosión, corrosión, entre otros.

¹⁰ El análisis por cromatografía de los gases disueltos en el aceite aislante es una técnica relativamente moderna que permite detectar fallas y verificar el estado interno de los transformadores, sobre todo en los de alta y muy alta tensión.

intervenciones de los equipos. Amplía el tiempo de uso de los componentes ya que solamente se sustituyen cuando comienzan a desgastarse o dañarse, disminuyendo finalmente los costos por repuestos y mano de obra. Contribuye también a la reducción de los riesgos de mortalidad infantil de los equipos¹¹ al producirse menos intervenciones de mantenimiento.

Analizando los datos por medio de la monitorización de parámetros de operación se puede establecer un programa que reduzca los fallos en general y especialmente los fallos críticos. También se mejora la calidad del producto fabricado o del servicio prestado y se aumenta la reputación de la compañía. Normalmente se consigue paralelamente la disminución de los accidentes y el aumento de la seguridad.

Paradójicamente las compañías en la actualidad se reusan a usar este tipo de estrategias y prefieren seguir con los mantenimientos preventivos y algunas veces correctivos debido a la idea de que esta estrategia es de un costo muy elevado, pero no analizan las bondades y ventajas que esta ofrece. Es misión y objetivo de los ingenieros de mantenimiento y confiabilidad establecer en nuestros programas el uso de técnicas predictivas que aseguren la confiabilidad adecuada, la reducción de las intervenciones en los equipos y la disminución de los costos de nuestros departamentos.

¹¹ La mortalidad infantil de los equipos hace referencia a las fallas ocurridas en el comienzo del ciclo de vida del activo o a las fallas que aparecen inmediatamente después de una reparación o restauración.

3. MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA FRIGORÍFICO METROPOLITANO SAS CENTRADO EN CONFIABILIDAD

Para el modelo propuesto se empieza por el análisis de la metas fijadas por departamento de mantenimiento de la empresa, para lo cual se tiene como guía la pirámide de la excelencia mostrada en la Figura 1, con lo cual se puede evidenciar el alcance y objetivos del departamento respecto a dicha pirámide.

Luego se continúa con la descripción de la ruta para la implementación del sistema de gestión de mantenimiento propuesto, la cual se muestra en la figura 2. Cada paso de la ruta es desarrollado en este texto brindando definiciones, directrices o ejemplos como pautas para la correcta implementación y comprensión de esta.

3.1. Análisis de Frigometro dentro de la pirámide de excelencia de mantenimiento

Es importante antes de implementar cualquier modelo de mantenimiento evaluar y decidir hasta qué punto se quiere llegar dentro de la pirámide de excelencia de mantenimiento por parte de la gerencia estratégica de la organización, para enfocar los esfuerzos en desarrollar dichos temas u objetivos. En la figura 1 se ve cuales ítems son objetivos del Frigorífico Metropolitano.

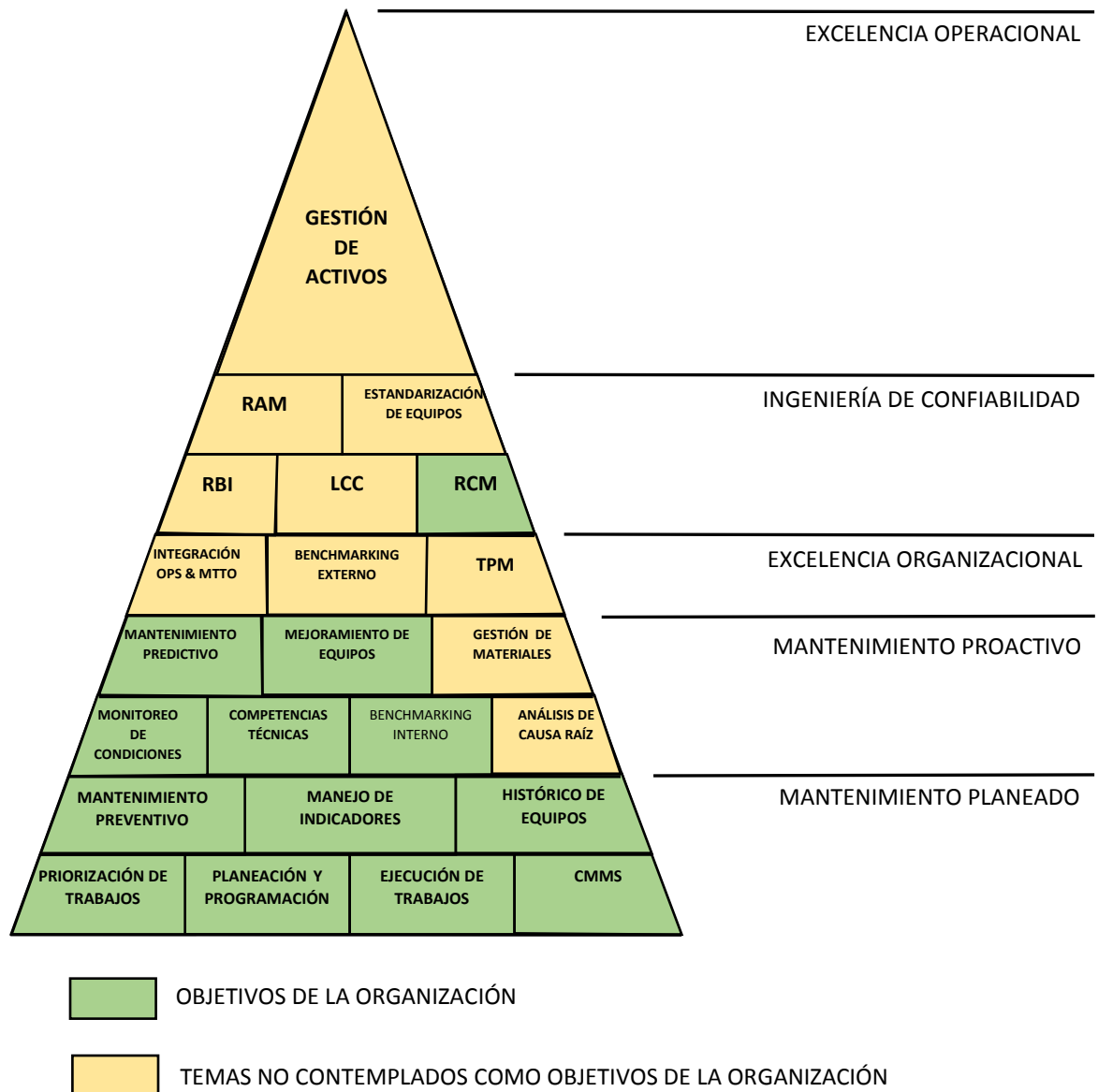


Figura 1. *Objetivos de la gestión de activos del Frigorífico Metropolitano SAS en la pirámide de la excelencia.*

Fuente: <https://reliabilityweb.com/sp/articles/entry/un-viaje-para-moldear-la-excelencia-en-confiabilidad-en-bms-parte2>; y autor.

Frigorífico Metropolitano busca trece ítems como parte de su estrategia gerencial dentro de la pirámide de excelencia de mantenimiento, los cuales son: contar con rutas de priorización de trabajos, planeación y programación de tareas de

mantenimiento, Análisis y supervisión de la ejecución de trabajos, Sistema de mantenimiento CMMS (SAIM V3.2.0)¹², Histórico de fallos, manejo de indicadores, mantenimiento preventivos, monitoreo de condiciones, benchmarking interno, contar con las competencias técnicas adecuadas, mejoramiento de equipos, mantenimiento predictivo en equipos críticos, y actualmente está implementando los primeros RCMs.

3.2. Ruta de implementación del programa de mantenimiento centrado en confiabilidad para el Frigorífico Metropolitano SAS.

Basado en la experiencia y conocimiento del departamento de mantenimiento del Frigorífico Metropolitano SAS se establece la ruta para implementar el sistema de gestión de mantenimiento basado en confiabilidad como se puede ver en la Figura 2, la cual describe los pasos a seguir para implementar el sistema de gestión propuesto.

Es importante resaltar que cada paso se debe desarrollar sistemáticamente y en orden, ya que la ruta para ser exitosa depende de que su ejecución se lleve de esta manera.

¹² SAIM V3.2.0 Es el nombre de un sistema de gestión computarizada de mantenimiento (CMMS) que es distribuido por la empresa Apping SAS con representación en la ciudad de Bucaramanga.

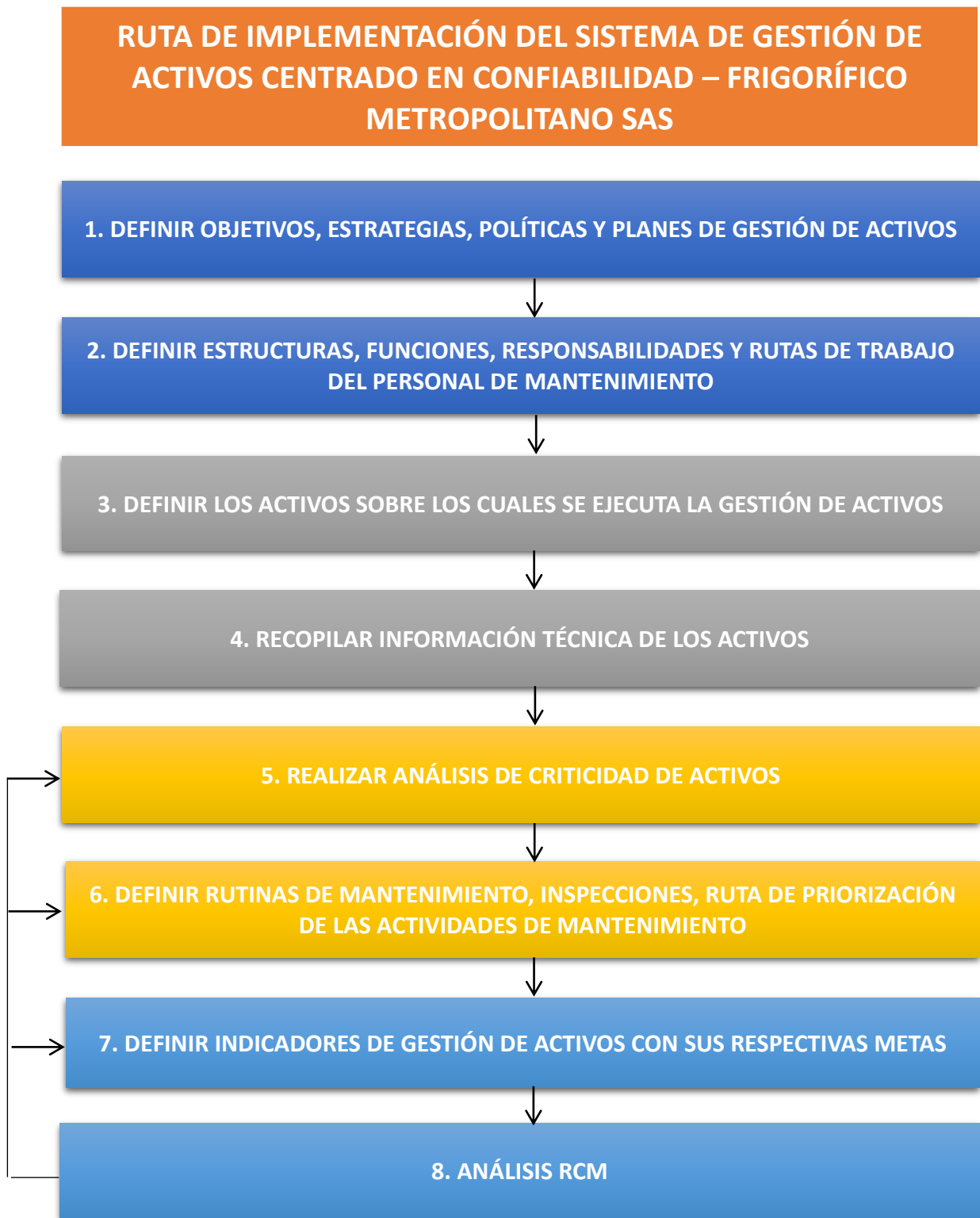


Figura 2. Ruta de implementación del sistema de gestión de mantenimiento de activos centrado en confiabilidad para Frigorífico Metropolitano SAS.

Fuente: Autor del proyecto

A continuación se describirán algunos aspectos desarrollados por Frigometro para cada uno de estos ítems mostrados en la figura anterior y se muestran las actividades ejecutadas en este proyecto de acuerdo a los objetivos propuestos, los cuales son de gran importancia para el buen desempeño de la gestión de activos de esta empresa.

3.2.1 Política de Mantenimiento de Frigorífico Metropolitano

El Frigorífico Metropolitano SAS cuenta con la siguiente política de mantenimiento:

- La gestión de activos de Frigorífico Metropolitano SAS involucra infraestructura, equipos de refrigeración, equipos de transporte, equipos misceláneos, equipos de protección para trabajos de alto riesgo, equipos contra incendios y herramientas.
- Frigorífico Metropolitano SAS ejecuta las labores de mantenimiento preventivo, las inspecciones y los emergentes con personal propio. Los trabajos mayores y los predictivos se hacen con personal contratado.
- Frigorífico Metropolitano SAS cuenta con aliados estratégicos para la gestión de mantenimiento en sus diferentes sedes: Friocol, Alfrio, Royal Rental, Motores y Motores.
- Los mantenimientos Overhaul se hacen en temporadas de baja ocupación (Meses posibles: Abril, Mayo, Agosto, Septiembre, Octubre), contando con la aprobación de la Gerencia.
- Los mantenimientos planificados en las sedes deben ser revisados por la oficina central (Bucaramanga).
- Los gastos de mantenimiento que esté por encima de 1 millón de pesos debe estar autorizado por Ofician central.

3.2.2. Estrategia de mantenimiento de Frigometro SAS

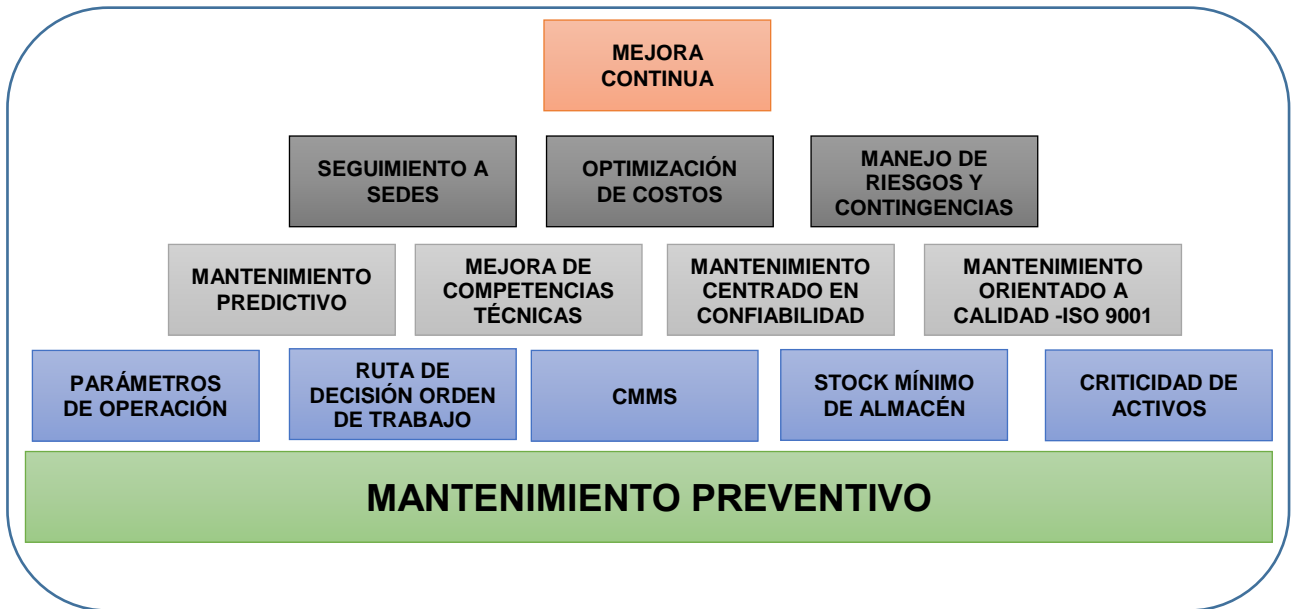


Figura 3. Esquema de la estrategia de mantenimiento del Frigorífico Metropolitano SAS.
Fuente: Autor del proyecto

Como muestra la figura 3, la base de la gestión de activos de Frigometro es el mantenimiento preventivo el cual ha sido el pilar durante 25 años de la existencia de esta empresa, en orden de importancia también se cuenta con un CMMS, un stock mínimo de almacén, un detallado análisis de criticidad de activos, una ruta de decisión de orden de trabajo y el seguimiento a los parámetros de operación como soporte importante de la estrategia de mantenimiento. Seguidamente se cuenta con temas claves y no menos importantes que hacen que la estrategia haya sido exitosa hasta el momento tales como seguimiento centralizado a las sedes, optimización de costos, manejo de riesgos y contingencias, y el mejoramiento continuo, los cuales están ejecutados dentro del sistema certificado de gestión de calidad ISO 9001, el cual ha sido implementado desde hace 15 años y mantenido hasta la presente fecha.

3.2.3 Organigrama de Mantenimiento en Frigorífico Metropolitano SAS

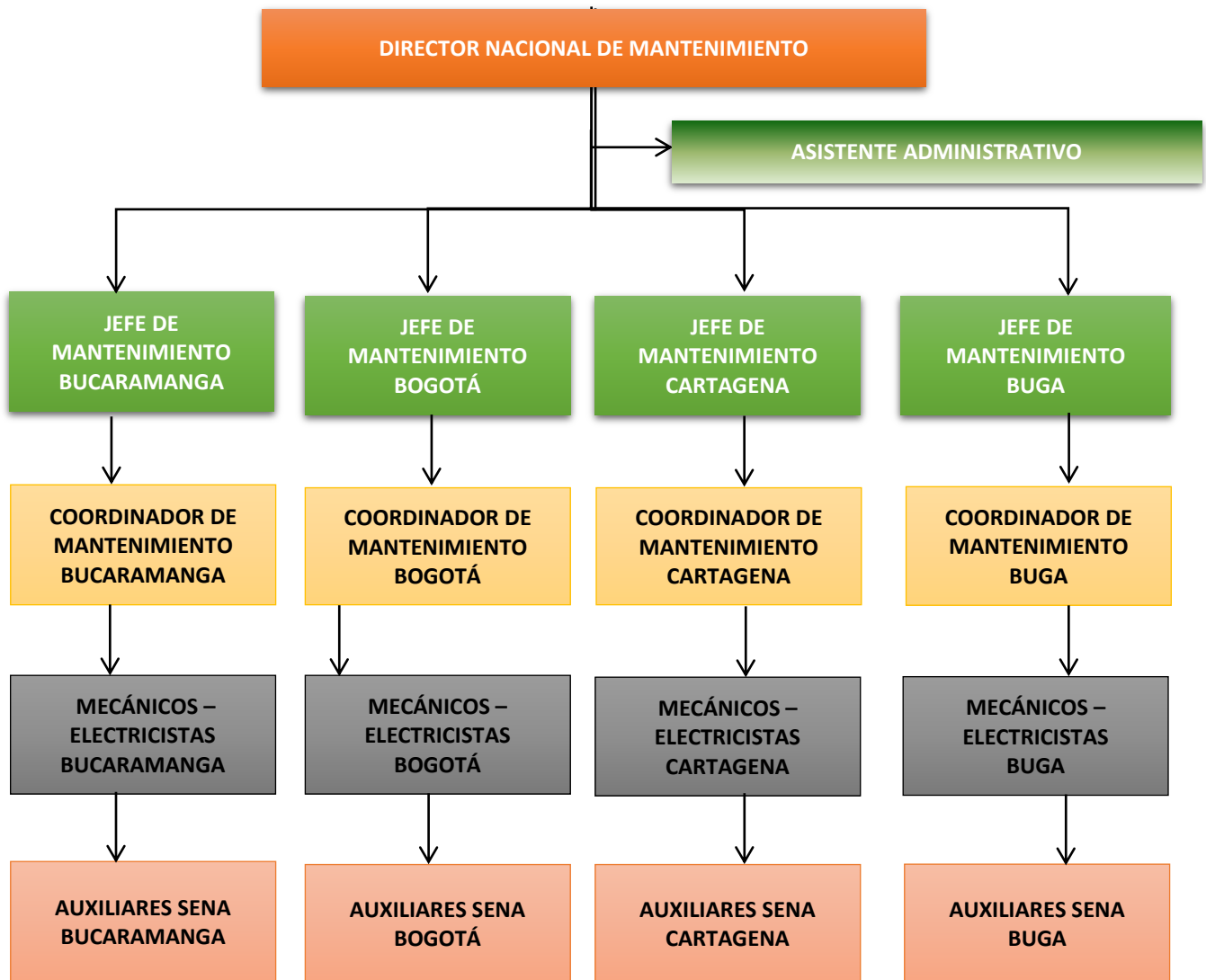


Figura 4. Organigrama del departamento de mantenimiento del Frigorífico Metropolitano SAS.
Fuente: Autor del proyecto

Como se muestra en la figura 4, la estructura, las jerarquías y las subordinaciones están definidas, y es una de las tareas que se desarrollaron inicialmente, ya que hacen parte de la base para la implementación del modelo de gestión propuesto, al ubicar estratégica y objetivamente a cada trabajador dentro del grupo que conforma el departamento de mantenimiento a nivel nacional.

3.2.3.1 Descripción de los cargos del departamento de mantenimiento

Frigorífico Metropolitano tiene ejecutada la labor de la descripción de cada uno de los cargos del departamento de mantenimiento, para lo cual se les definió la siguiente información:

- Nombre del cargo.
- Estructura organizacional del cargo.
- Misión del cargo.
- Competencias del cargo.
- Descripción de funciones.
- Responsabilidades del cargo.

Cabe recordar que los cargos correspondientes al área de mantenimiento a los cuales se les hizo la descripción son los siguientes:

- Jefe de Mantenimiento Nacional
- Jefe de Mantenimiento
- Auxiliar administrativo
- Coordinador de mantenimiento
- Mecánicos – electricistas
- Auxiliares Sena

En el anexo A se muestra un ejemplo de la descripción del cargo del jefe de mantenimiento para Frigómetro en el formato diseñado para tal fin.

3.2.3.2. Ruta de trabajo de los diferentes cargos para el departamento de mantenimiento.

Para el buen desempeño de cada uno de los cargos se tiene trazada la ruta de trabajo con sus respectivos instructivos, de tal forma que cualquier trabajador que

cumpla con las competencias, pueda desarrollar el rol dentro de la empresa de manera adecuada guiado por la información contemplada en la ruta de trabajo. En el anexo B se muestra a manera de ejemplo la ruta de trabajo para un jefe de mantenimiento de Frigorífico Metropolitano de acuerdo al formato establecido para tal fin.

Las rutas de trabajo se complementan con los instructivos creados para describir cada paso de dichas rutas. La idea de los instructivos es que exista claridad al momento de ejecutar cada tarea.

En el anexo C se muestra a manera de ejemplo un instructivo de los ya establecidos para el jefe de mantenimiento dentro del formato destinado para esto.

3.3 Sistema de gestión de la calidad para mantenimiento en Frigometro SAS

El sistema de gestión de calidad de Frigorífico Metropolitano está certificado bajo la norma ISO 9001, dentro del cual se contempla un módulo exclusivo para la gestión de mantenimiento en el cual se encuentra la siguiente información, registros e instructivos:

- Propósito.
- Alcance.
- Definiciones.

Registros:

- MTO-FT-04 Control de funcionamiento de compresores.
- MTO-FT-13 Control químico del condensador evaporativo.
- MTO-FT-17 Registro de verificación de termómetros.
- MTO-FT-21 Solicitud de servicio.
- MTO-FT-22 Verificación de básculas.
- MTO-FT-23 Mantenimiento de PTAR y PTAP.

Instructivos:

- MTO-IN-01 Dispositivos de seguimiento de metrología.
- MTO-IN-03 Verificación de básculas.
- MTO-IN-04 Verificación de termómetros.
- MTO-IN-05 Plan de contingencia para evitar afectaciones del producto en caso de fuga.
- MTO-IN-06 Operación de equipos.
- MTO-IN-07 Control químico del condensador evaporativo.
- MTO-IN-08 Solución de fallas en equipos.
- MTO-IN-09 Cronograma de mantenimiento.
- MTO-IN-11 Plan de contingencia en caso de evento sísmico, incendio y fuga de amoniaco.

Es importante para el departamento de mantenimiento tener estándares de calidad medibles en sus procesos críticos o en aquellos que son de vital importancia para la buena calidad del servicio prestado o del proceso productivo.

Los formatos son llevados de manera física en cada una de las sedes respectivamente revisados y firmados por los responsables de los procesos, adicionalmente de manera mensual se hace una copia digital de dichos formatos y se almacenan en el sitio de la nube¹³ definida para este fin.

¹³ Almacenamiento en la nube (o cloud storage, en inglés) es un modelo de servicio en el cual los datos de un sistema de cómputo se almacenan, se administran, y se respaldan de forma remota, típicamente en servidores que están en la **nube** y que son administrados por un proveedor del servicio.

3.4 Software de mantenimiento

Frigorífico Metropolitano cuenta con el software SAIM V3.2.0 para su proceso de administración de gestión de mantenimiento como se muestra en la Figura 5.

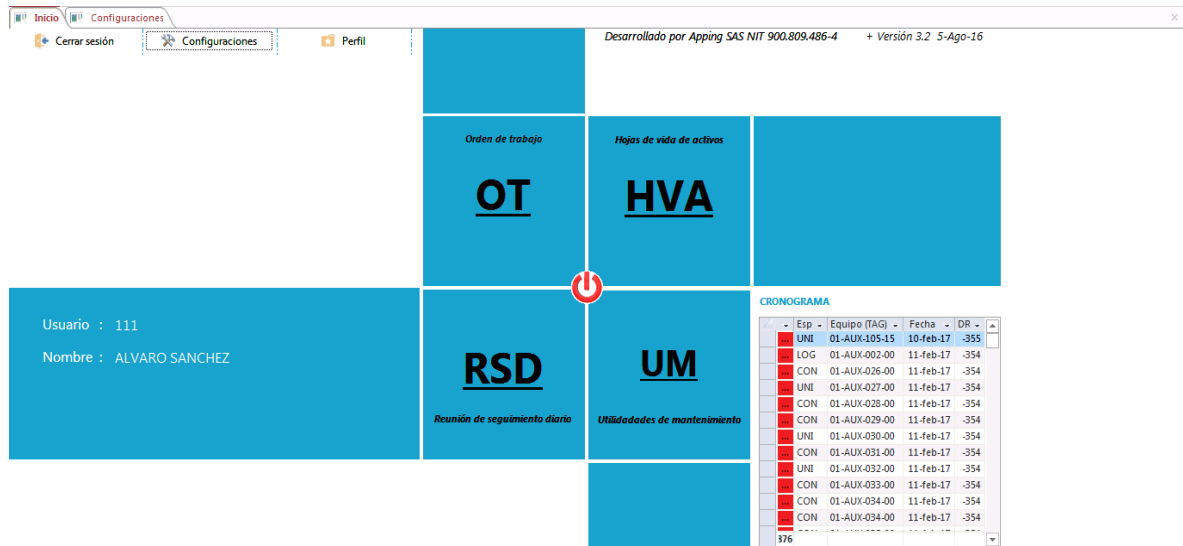


Figura 5. Página principal del software de mantenimiento SAIM
Fuente: Autor del proyecto

El software SAIM cuenta con los siguientes módulos o aplicaciones dentro de su menú principal:

- Hojas de vida.
- Cronograma de actividades.
- Ordenes de trabajo.
- Reunión de seguimiento diario.
- Modos de falla.
- APL (listado de partes).
- Indicadores de Mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad; Análisis de horas hombres, entre otros.

El software es la herramienta con la cual se gestionan las tareas que se ejecutan por parte del departamento de mantenimiento. Mensualmente el sistema arroja los resultados de los indicadores, los cuales son analizados para tomar decisiones, y para luego ser guardados en la nube en un sitio definido para tal fin.


3.5. Activos físicos de Frigorífico Metropolitano SAS.

La administración de activos físicos de Frigometro tiene una estrategia para mantener actualizada la base de datos de cada equipo o elemento que amerite mantenimiento. Para esto cuenta con un formato diseñado para incluir y recoger la información de cada activo, una ruta de inspección para la actualización de los activos y una frecuencia establecida para dicha inspección.

3.5.1 Formato para inclusión de activos físicos

Actualmente se cuenta con dos formatos para la inclusión de activos físicos en el cual quedan consignados los datos más relevantes y las especificaciones técnicas de los activos o equipos, tal y como se muestra en las Tablas 1 y 2. Dicha información recolectada, luego se consigna en las hojas de vidas de cada equipo usando el software de gestión de mantenimiento.


Se cuenta con dos formatos debido a las dos naturalezas diferentes de los activos. El primero de ellos se usa para recopilar información de activos relacionados con infraestructura, por ejemplo oficinas, sitios de procesos, edificaciones, etc. El segundo se usa para recopilar información de activos relacionados con maquinaria o equipos.

	FORMATO INCLUSIÓN DE ACTIVOS FÍSICOS DE INFRAESTRUCTURA	FECHA DE ACTUALIZACIÓN ENERO 2017	VERSIÓN 1
	MTTO - FTO – 15		PAGINA 1 DE 1

No	CÓDIGO	ACTIVO O EQUIPO	ANCHO (m)	LARGO (m)	ALTO (m)	DETALLES DE ILUMINACIÓN	DETALLE DE MOBILIARIOS

Tabla 1. Formato de inclusión de activos físicos de infraestructura.

Fuente: Autor del proyecto.

	FORMATO INCLUSION DE ACTIVOS FISICOS DE MAQUINARIA Y EQUIPOS	FECHA DE ACTUALIZACION ENERO 2017	VERSION 1
	MTTO - FTO - 16		PAGINA 1 DE 1

No	CODIGO	ACTIVO O EQUIPO	MODELO	MARCA	SERIE	ANCHO (m)	LARGO (m)	ALTO (m)	PROVEEDOR	CIUDAD	EQUIPO ADICIONAL				CARACTERISTICAS DEL MOTOR				
											NOMBRE	MARCA	MODELO	SERIE	POT (HP)	RPM	VOL	AMP	N FASES

Tabla 2. Formato de inclusión de activos físicos de maquinaria y equipos.

Fuente: Autor del proyecto.

3.5.2 Ruta de inspección para verificación de existencia de los activos físicos

Frigorífico Metropolitano tiene dentro de su estrategia de gestión de activos, una ruta de inspección para actualización de activos físicos de infraestructura, maquinaria y equipos el cual se ejecuta anualmente, en el onceavo mes del año, con el propósito de ser contemplado para el presupuesto del año siguiente.

Se entiende con esto que Frigometro presupuesta los costos de mantenimiento anualmente en el último mes del año anterior.

La ruta de inspección es diseñada de manera estratégica y se describe en la figura 6.

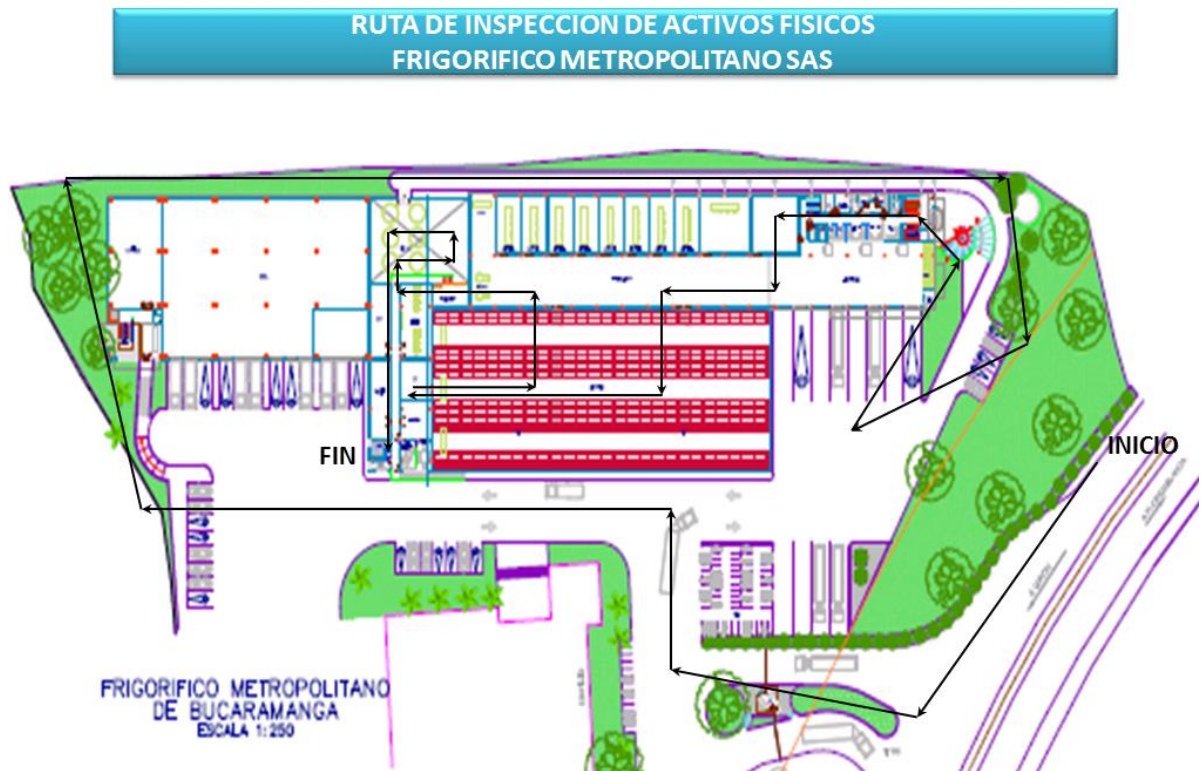


Figura 6. Ruta para la actualización de activos físicos de Frigorífico Metropolitano SAS.

Fuente: Autor del proyecto.

3.6. Codificación de activos físicos de Frigometro SAS

Frigorífico Metropolitano cuenta con un método de codificación de los activos físicos, el cual ha sido diseñado e implementado en todas las sedes.

3.6.1. Método de codificación de activos físicos del Frigorífico Metropolitano SAS


El método de codificación de los activos para el Frigorífico Metropolitano SAS es descrito a continuación, utilizando la tabulación mostrada en la Tabla 3. El código consta de cuatro siglas o números. El primero es un número de dos dígitos que describe la sede a que pertenece; el segundo es una sigla que determina la familia de activos a la cual corresponde; el tercero es un número de tres dígitos que define el orden que le correspondió al momento de ser incluida dentro del grupo; y la cuarta parte del código es un número de dos dígitos que especifica si es un activo en general, o si se trata de componentes que conforman un activo determinado.

	DETALLE	CÓDIGO
PRIMER NÚMERO O SIGLA	Bucaramanga	01
	Cartagena	02
	Bogotá Bodega 125	03
	Bogotá Bodega 99	04
	Buga	05
SEGUNDO NÚMERO O SIGLA	Infraestructura	INF
	Sistema de refrigeración	REF
	Equipo de transporte	TR
	Equipo auxiliar	AUX
	Equipo de medición	MED
	Equipo protección personal	PROT
	Herramienta	HER
	Equipos contra incendios	INC
TERCER NÚMERO	A cada activo de la lista de cada sistema se le asigna un número de tres dígitos que empieza en 001 y aumenta en uno cada vez que se incluya otro activo.	
CUARTO DÍGITO	Normalmente al activo de le pone 00 en su cuarto dígito, pero cuando se compone de varios componentes o partes, se pone aquí un número diferente empezando desde 01 y va aumentando en uno cada vez que se incluya otro componente.	

*Tabla 3. Tabla de codificación de activos para las sedes de Frigorífico Metropolitano SAS
Fuente: Autor del proyecto*

3.6.2. Actualización de activos físicos.

Se ejecutó la actualización de activos físicos de infraestructura usando el formato diseñado para tal fin tal como se muestra en la Tabla 4, donde se introdujeron los nuevos equipos montados en la planta en Septiembre del 2017 con su respectivo número consecutivo asignado.

	FORMATO INCLUSIÓN DE ACTIVOS FÍSICOS DE INFRAESTRUCTURA		FECHA DE ACTUALIZACIÓN ENERO 2017	VERSIÓN 1
	MTTO - FTO – 15			PAGINA 1 DE 1

No	CÓDIGO	ACTIVO O EQUIPO	ANCHO (m)	LARGO (m)	ALTO (m)	DETALLES DE ILUMINACIÓN	DETALLE DE MOBILIARIOS
89	01-INF-002-74	CUARTO SUBESTACIÓN ELÉCTRICA EQUIPOS FRICK	6,2	10	5,4	2 REFLECTORES LED 100W	
90	01-INF-002-75	CUARTO DE MAQUINAS EQUIPOS FRICK	24,6	10	6,9	6 REFLECTORES LED 100W	1 ESCRITORIO 1,3X0,8X0,9m , 1 SILLA
91	01-INF-002-76	CUARTO REFRIGERADO	4,6	9,4	3,8	4 LUMINARIAS 2X18 LED	
92	01-INF-002-77	TÚNEL 11	10,3	9,4	3,8	8 LUMINARIAS 2X18 LED	
93	01-INF-002-78	PASARELA Y ESCALERA DE SISTEMA FRICK	1,3	20	6	1 REFLECTOR LED 100W	

Tabla 4. Formato diligenciado de inclusión de activos físicos de infraestructura actualizada con las nuevas zonas.

Fuente: Autor del proyecto

Para la actualización de activos físicos de infraestructura se usó el formato diseñado para tal fin tal como se muestra en la Tabla 5, en donde se evidencia la inclusión de los nuevos equipos de refrigeración montados en Septiembre del 2017, con su respectivo número consecutivo y código. También se puede evidenciar la inclusión de los componentes del sistema de detección de incendios, los cuales fueron adquiridos para la misma fecha.

 <p>FRIGOMETRO Frigorífico Metropolitano WWW.FRIGOMETRO.COM</p>	FORMATO INCLUSIÓN DE ACTIVOS FÍSICOS DE MAQUINARIA Y EQUIPOS		FECHA DE ACTUALIZACIÓN ENERO 2017	VERSIÓN 1
	MTTO - FTO – 15			PAGINA 1 DE 1

No	CÓDIGO	ACTIVO O EQUIPO	MODELO	MARCA	SERIE	ANCH O (m)	LA RGO (m)	AL TO (m)	PROVEED OR	CIUDAD	EQUIPO ADICIONAL				CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR					
											NOM BRE	MA RC A	MOD ELO	SE RIE	POT (HP)	R P M	V O L	A M P	N FA SES	
121	01-REF-001-28	TANQUE ACUMULADOR DE AMONIACO 2	N/A	N/A	N/A	1,5	1,5	3,2	FRIOCOL	B/GA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
122	01-REF-001-29	TANQUE ECONOMIZER COMPRESORES FRICK	N/A	N/A	N/A	0,8	0,8	3,3	FRIOCOL	B/GA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
123	01-REF-001-30	TANQUE ERA - INTERCOOLER	VI-42-114	JHONSONS CONTROLS	366435	1,2	1,2	4	FRIOCOL	B/GA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
124	01-REF-001-31	TANQUE RECIRCULADOR 1 COMPRESORES FRICK	N/A	N/A	N/A	1,2	1,2	4,2	FRIOCOL	B/GA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
125	01-REF-001-32	TANQUE RECIRCULADOR 2 COMPRESORES FRICK	N/A	N/A	N/A	1,5	1,5	5,1	FRIOCOL	B/GA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
126	01-REF-001-33	BOMBA DE AMONIACO EQUIPOS FRICK 1	R42TGF4AM	N/A	PJ0397A	0,34	0,67	0,42	FRIOCOL	B/GA	MOTOR	WEQ	N/A	N/A	3HP	N/A	440	4,7	3	
127	01-REF-001-34	BOMBA DE AMONIACO EQUIPOS FRICK 2	R42TGF4AM	N/A	PJ0398A	0,34	0,67	0,42	FRIOCOL	B/GA	MOTOR	WEQ	N/A	N/A	3HP	N/A	440	4,7	3	
128	01-REF-001-35	BOMBA DE AMONIACO EQUIPOS FRICK 3	0506S1-E	N/A	PJO400A	0,34	0,7	0,42	FRIOCOL	B/GA	MOTOR	WEQ	N/A	N/A	5,2	N/A	440	8	3	
129	01-REF-001-36	BOMBA DE AMONIACO EQUIPOS FRICK 4	0506S1-E	N/A	PJO399A	0,34	0,7	0,42	FRIOCOL	B/GA	MOTOR	WEQ	N/A	N/A	5,2	N/A	440	8	3	
130	01-REF-001-37	PURGADOR AUTOMÁTICO EQUIPOS FRICK	APM-1	HANSEN	7862D	0,4	0,47	0,9	Alfri	B/GA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
131	01-REF-001-38	COMPRESOR FRICK 1	SGC2813	FRICK	1,153E+13	2,2	4,1	2,6	FRIOCOL	B/GA	MOTOR	WEQ	66029A	1E+07	250 HP	N/A	440	280	3	
132	01-REF-001-39	COMPRESOR FRICK 2	XJF151L	FRICK	11551M35547385	1,4	3,1	1,8	FRIOCOL	B/GA	MOTOR	WEQ	CC029A	1E+09	250 HP	N/A	440	280	3	
133	01-REF-001-40	COMPRESOR FRICK 3	XJF151L	FRICK	11551L65547349	1,4	3,1	1,8	FRIOCOL	B/GA	MOTOR	WEQ	CC029A	1E+09	200 HP	N/A	440	280	3	
134	01-REF-001-41	CONDENSADOR EVAPORATIVO 1 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN FRICK	WXR B1300	WXR	17015337	4,3	2,25	3,75	N/A	B/GA	BOMBA	WEQ	W21-AL100L-04	1E+09	3,6KW	N/A	440	6,76	3	

135	01-REF-001-42	CONDENSADOR EVAPORATIVO 2 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN FRICK	WXR B1300	WXR	17015338	4,3	2,25	3,75	N/A	B/GA	BOMBA	WEQ	W21-AL100L-04	1E+09	3,6KW	N/A	440	6,76	3
136	01-REF-001-43	EVAPORADOR TÚNEL 9	AGHN090-2H/412-HHL/4P M	GUNTHER	300/7521030003	7,8	1,3	1,3	FRIOCOL	B/GA	MOTOR	N/A	N/A	N/A	7,3	N/A	440	29,2	3
137	01-REF-001-44	EVAPORADOR TÚNEL 10	AGHN090-2H/412-HHL/4P M	GUNTHER	300/7521030002	7,8	1,3	1,3	FRIOCOL	B/GA	MOTOR	N/A	N/A	N/A	7,3	N/A	440	29,2	3
138	01-REF-001-45	EVAPORADOR TÚNEL 11	AGHN090-2H/412-HHL/4P M	GUNTHER	300/7521030001	7,8	1,3	1,3	FRIOCOL	B/GA	MOTOR	N/A	N/A	N/A	7,3	N/A	440	29,2	3
139	01-REF-001-46	TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL DEL SISTEMA COMPRESORES FRICK	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	B/GA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
353	01-AUX-151-00	PUERTA CUARTO REFRIGERADO	N/A	CAMPISA	N/A	1,72	8,5	2,04	TECNITALIA	BOGOTÁ	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
354	01-AUX-152-00	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN 440 COMPRESORES FRICK	N/A	N/A	N/A	0,8	0,6	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
355	01-AUX-153-00	BANCO DE CONDENSADORES SUBESTACIÓN COMPRESORES FRICK	N/A	N/A	N/A	1,2	0,6	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
356	01-AUX-154-00	CELDA DE MEDIA TENSIÓN SUBESTACIÓN ELÉCTRICA COMPRESORES FRICK	N/A	N/A	N/A	1,1	1,2	1,9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
357	01-AUX-155-00	TRANSFORMADOR SECUNDARIO 13,2-440 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA COMPRESORES FRICK	N/A	N/A	N/A	2,4	1,8	2,1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
358	01-AUX-156-00	EVAPORADOR EQUIPO DE REFRIGERACIÓN 1 CUARTO DE MAQUINAS COMPRESORES FRICK	HEBD55021377D	HISPANIA	17303144	2,5	0,58	0,84	FRIOCOL	BUCARAMANGA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
359	01-AUX-157-00	EVAPORADOR EQUIPO DE REFRIGERACIÓN 2 CUARTO DE MAQUINAS COMPRESORES FRICK	HEBD55021377D	HISPANIA	17303143	2,5	0,58	0,84	FRIOCOL	BUCARAMANGA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
360	01-AUX-158-00	EVAPORADOR EQUIPO DE REFRIGERACIÓN SUBESTACIÓN SECUNDARIA COMPRESORES FRICK	HEBD55021377D	HISPANIA	17603067	2,5	0,58	0,84	FRIOCOL	BUCARAMANGA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
361	01-AUX-159-00	COMPRESORES SISTEMA DE REFRIGERACIÓN PASILLO LOGÍSTICA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
362	01-AUX-160-00	CONDENSADORA PASILLO LOGÍSTICA	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
363	01-AUX-161-00	PUERTA DE TÚNEL 11				2,1	2,05	0,14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
364	01-AUX-162-00	EMBUDO EMPAQUE 3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
595	01-INC-001-01	TABLERO DETECCIÓN Y CONTROL	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
596	01-INC-001-02	MARCADOR AUTOMÁTICO	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
597	01-INC-001-03	SIRENA 1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
598	01-INC-001-04	SIRENA 2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
599	01-INC-001-05	SIRENA 3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
600	01-INC-001-06	SIRENA 4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

64 1	01-INC-002- 11	EXTINTOR 11	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
64 2	01-INC-002- 12	EXTINTOR 12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
64 3	01-INC-002- 13	EXTINTOR 13	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
64 4	01-INC-002- 14	EXTINTOR 14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
64 5	01-INC-002- 15	EXTINTOR 15	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
64 6	01-INC-002- 16	EXTINTOR 16	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
64 7	01-INC-002- 17	EXTINTOR 17 Cargador Montacargas contrabalanceado	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
64 8	01-INC-002- 18	EXTINTOR 18 Enfardadora de Empaque	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
64 9	01-INC-002- 19	EXTINTOR 19 Entrada Subestación Equipos Frick	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
65 0	01-INC-002- 20	EXTINTOR 20 Entrada Cuarto de Máquinas 2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

*Tabla 5. Tabla de inclusión de activos físicos de maquinaria y equipos actualizados.
Fuente: Autor del proyecto.*

3.7 Análisis de criticidad del Frigorífico Metropolitano SAS.

Para el análisis de criticidad del Frigorífico Metropolitano se tiene el método de frecuencia de fallas x consecuencia como se muestra en la tabla 6, dicho análisis debe ser revaluado cada 2 años.

Criticidad Total = Frecuencia de fallas x Consecuencia
 Consecuencia = ((Impacto Operacional x Flexibilidad) + Costo Mito. + Impacto SAH)

Frecuencia de Fallas:		Costo de Mito.:	
Pobre mayor a 2 fallas/año	4	Mayor o igual a 20000 \$	2
Promedio 1 - 2 fallas/año	3	Inferior a 20000 \$	1
Buena 0.5 -1 fallas/año	2		
Excelente menos de 0.5 falla/año	1		
Impacto Operacional:		Impacto en Seguridad Ambiente Higiene (SAH):	
Pérdida de todo el despacho	10	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
Parada del sistema o subsistema y tiene repercusión en otros sistemas.	7	Afecta el ambiente /instalaciones	7
Impacta en niveles de inventario o calidad	4	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
No genera ningún efecto significativo sobre operaciones y producción	1	Provoca daños menores (ambiente - seguridad)	3
		No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	1
Flexibilidad Operacional:			
No existe opción de producción y no hay función de repuesto.	4		
Hay opción de repuesto compartido/almacen	2		
Función de repuesto disponible	1		

Tabla 6. Análisis de criticidad. Método de frecuencia de fallas x consecuencia.
 Fuente: <https://www.slideshare.net/NandoKarnage/grua-puente-59805429>

3.7.1 Análisis de criticidad actualizado del Frigorífico Metropolitano SAS.

Utilizando el método anterior, se efectuó el análisis de criticidad de todos los activos del Frigorífico Metropolitano SAS. La Tabla 7 evidencia la ejecución de dicho análisis, mostrando los equipos más críticos de la compañía de acuerdo al resultado arrojado por el estudio.

No	CODIGO	ACTIVO O EQUIPO	FRECUENCIA DE FALLOS	IMPACTO OPERACIONAL	FLEXIBILIDAD OPERACIONAL	COSTO DE MTTO.	IMPACTO SEGURIDAD, HIGIENE, MEDIO AMBIENTE	CONSECUENCIA	CRITICIDAD
442	01-TR-001-00	MONTACARGAS CROWN 1	4	7	4	2	8	38	152
443	01-TR-002-00	MONTACARGAS CROWN 2	4	7	4	2	8	38	152
444	01-TR-003-00	MONTACARGAS YALE	4	7	4	2	8	38	152
445	01-TR-004-00	PORTAESTIBA DOBLE CROWN 1	4	7	4	2	8	38	152
446	01-TR-005-00	PORTAESTIBA DOBLE CROWN 2	4	7	4	2	8	38	152
447	01-TR-006-00	PORTAESTIBA DOBLE CROWN 3	4	7	4	2	8	38	152
448	01-TR-007-00	PORTAESTIBA ELECTRICO SENCILLO DAYTON 1	4	7	4	1	8	37	148
449	01-TR-008-00	PORTAESTIBA ELECTRICO SENCILLO DAYTON 2	4	7	4	1	8	37	148
450	01-TR-009-00	PORTAESTIBA ELECTRICO SENCILLO DAYTON 3	4	7	4	1	8	37	148
108	01-REF-001-20	CONDENSADOR EVAPORATIVO	3	10	4	1	8	49	147
129	01-REF-001-41	CONDENSADOR EVAPORATIVO 1 SISTEMA DE REFRIGERACION FRICK	3	10	4	1	8	49	147
130	01-REF-001-42	CONDENSADOR EVAPORATIVO 2 SISTEMA DE REFRIGERACION FRICK	3	10	4	1	8	49	147
106	01-REF-001-18	COMPRESOR VILTER 1	3	7	4	1	8	37	111
107	01-REF-001-19	COMPRESOR VILTER 2	3	7	4	1	8	37	111
126	01-REF-001-38	COMPRESOR FRICK 1	3	7	4	1	8	37	111
127	01-REF-001-39	COMPRESOR FRICK 2	3	7	4	1	8	37	111
128	01-REF-001-40	COMPRESOR FRICK 3	3	7	4	1	8	37	111
135	01-REF-002-00	SISTEMA DE REFRIGERACION CON FREON	3	7	4	1	8	37	111
89	01-REF-001-01	TANQUE ACUMULADOR DE AMONIACO	2	10	4	1	8	49	98
90	01-REF-001-02	TANQUE ECONOMIZER	2	10	4	1	8	49	98
91	01-REF-001-03	TANQUE RECIRCULADOR	2	10	4	1	8	49	98
92	01-REF-001-04	BOMBA DE AMONIACO 1	2	10	4	1	8	49	98
93	01-REF-001-05	BOMBA DE AMONIACO 2	2	10	4	1	8	49	98
116	01-REF-001-28	TANQUE ACUMULADOR DE AMONIACO 2	2	10	4	1	8	49	98
117	01-REF-001-29	TANQUE ECONOMIZER COMPRESORES FRICK	2	10	4	1	8	49	98
118	01-REF-001-30	TANQUE ERA	2	10	4	1	8	49	98
119	01-REF-001-31	TANQUE RECIRCULADOR 1 COMPRESORES FRICK	2	10	4	1	8	49	98
120	01-REF-001-32	TANQUE RECIRCULADOR 2 COMPRESORES FRICK	2	10	4	1	8	49	98
121	01-REF-001-33	BOMBA DE AMONIACO EQUIPOS FRICK 1	2	10	4	1	8	49	98
122	01-REF-001-34	BOMBA DE AMONIACO EQUIPOS FRICK 2	2	10	4	1	8	49	98
123	01-REF-001-35	BOMBA DE AMONIACO EQUIPOS FRICK 3	2	10	4	1	8	49	98
124	01-REF-001-36	BOMBA DE AMONIACO EQUIPOS FRICK 4	2	10	4	1	8	49	98
264	01-AUX-096-00	TRANSFORMADOR PRINCIPAL 34.5-13.2	2	10	4	1	8	49	98
265	01-AUX-097-00	TRANSFORMADOR SECUNDARIO 13.2-440	2	10	4	1	8	49	98
266	01-AUX-098-00	TRANSFORMADOR SECUNDARIO 440-220	2	10	4	1	8	49	98
267	01-AUX-099-00	SECCIONADOR PRINCIPAL	2	10	4	1	8	49	98
268	01-AUX-100-00	TABLERO DE MEDICION PRINCIPAL	2	10	4	1	8	49	98
269	01-AUX-101-00	SECCIONADOR SECUNDARIO	2	10	4	1	8	49	98
270	01-AUX-101-00	TABLERO DE CONTROL 440	2	10	4	1	8	49	98
271	01-AUX-102-00	TABLERO DE CONTROL 220 - BANCO CONDENSADORES	2	10	4	1	8	49	98
115	01-REF-001-27	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL DEL SISTEMA	3	10	2	1	8	29	87
134	01-REF-001-46	TABLERO ELECTRICO DE CONTROL DEL SISTEMA COMPRESORES FRICK	3	10	2	1	8	29	87

*Tabla 7. Formato de evaluación de equipos críticos mostrando los de mayor criticidad.
Autor: Autor del proyecto.*

3.8. Rutinas de mantenimiento de los activos del Frigorífico Metropolitano SAS

Frigorífico Metropolitano cuenta con rutinas de mantenimiento definidas para cada uno de sus activos las cuales son periódicamente rediseñadas para cumplir con los objetivos de la organización y con los estándares de confiabilidad deseados. A continuación se muestra a manera de ejemplo en la Tabla 8 las rutinas de mantenimiento establecidas para los montacargas. La tabla consta del nombre de la rutina, la descripción de cada tarea, las horas hombres utilizados, los materiales necesarios y el costo de la rutina. Con esta información se alimenta el software de mantenimiento para que se ejecuten dichas tareas de acuerdo a la frecuencia establecida, luego se alimentan las hojas de vida con los datos y fotografías que evidencian la ejecución de las rutinas.

EQUIPO	RUTINA	DESCRIPCIÓN	HH	MATERIALES O PROCESO	COSTO	HH	COSTO TOTAL
MONTACARGAS	MONT-MENSUAL	DESCONECTAR BATERÍA	0,1	VISITA TÉCNICA	200000	5,2	400000
		CALIBRACIÓN DE CADENAS	0,3	GRASA MULTIPROPÓSITO	10000		
		REVISIÓN DE ESCOBILLAS DE MOTORES	0,5	GRASA DE LITIO	40000		
		REVISIÓN DE FUGAS DE ACEITE	0,3	LIMPIADOR DE CONTACTOS	30000		
		REVISIÓN DEL NIVEL DE ACEITE	0,2	LIMPIADOR DE FRENOS	40000		
		REVISIÓN ESTADO DE LAS MANGUERAS	0,3	8 RODAMIENTOS 6205	80000		
		REVISIÓN DE RODAMIENTOS DE LLANTAS	0,9				
		REVISIÓN DE ESTADO DE LAS LLANTAS	0,3				
		REVISIÓN DE ESTADO DE LOS CABLES 5-8 HILOS	0,2				
		REVISIÓN DEL ESTADO DE LAS POLEAS DEL MÁSTIL	0,2				
		LUBRICACIÓN DEL REACH	0,4				
		LUBRICACIÓN DEL MÁSTIL	0,4				
		LUBRICACIÓN DE LOS RODILLOS DEL PORTA BATERÍAS	0,4				
		REVISIÓN DEL ESTADO DE LOS CABLES Y MÓDULOS ELECTRÓNICOS DE CONTROL	0,3				
		REVISIÓN DEL CONECTOR DE BATERÍAS	0,1				
		REVISAR ACIDES DE LA BATERÍA	0,2				
		REVISIÓN DEL ESTADO DEL TORPEDO	0,1				

EQUIPO	RUTINA	DESCRIPCIÓN	HH	MATERIALES O PROCESO	COSTO	HH	COSTO TOTAL
MONTACARGAS	MONT-ANUAL	DESCONECTAR BATERÍA	0,1	VISITA TÉCNICA	200000	6,9	4680000
		CALIBRACIÓN DE CADENAS	0,3	GRASA MULTIPROPÓSITO	10000		
		CAMBIO DE ESCOBILLAS DE MOTORES	1	GRASA DE LITIO	40000		
		REVISIÓN DE FUGAS DE ACEITE	0,3	LIMPIADOR DE CONTACTOS	30000		
		REVISIÓN DEL NIVEL DE ACEITE	0,2	LIMPIADOR DE FRENOS	40000		
		REVISIÓN ESTADO DE LAS MANGUERAS	0,3	2 KIT DE ESCOBILLAS	640000		
		CAMBIO DE RODAMIENTOS DE LLANTAS	0,9				
		CAMBIO DE LAS LLANTAS	1	RUEDA DE TRACCIÓN	1200000		
		REVISIÓN DE ESTADO DE LOS CABLES 5-8 HILOS	0,2	4 RUEDA DE CARGA	1200000		
		REVISIÓN DEL ESTADO DE LAS POLEAS DEL MÁSTIL	0,2	RUEDA ESTABILIZADORA	860000		
		LUBRICACIÓN DEL REACH	0,4	8 RODAMIENTOS 6205	160000		
		LUBRICACIÓN DEL MÁSTIL	0,4				
		LUBRICACIÓN DE LOS RODILLOS DEL PORTA BATERÍAS	0,4				
		CAMBIO DE PLATINAS DE CONTACTO (ELEVACIÓN, TRACCIÓN MOTOR AUXILIAR)	0,3	1 KIT DE CONTACTOS	300000		
		REVISIÓN DEL ESTADO DE LOS CABLES Y MÓDULOS ELECTRÓNICOS DE CONTROL	0,3				
		REVISIÓN DEL CONECTOR DE BATERÍAS	0,1				
		REVISAR ACIDEZ DE LA BATERÍA	0,2				
		EXTRAER EXCESO DE AGUA DEL COFRE POR MEDIO DE LOS PILLOS UTILIZANDO UNA JERINGA	0,2				
REVISIÓN DEL ESTADO DEL TORPEDO	0,1						
MONTACARGAS	MONT-CADA 3 AÑOS	DESCONECTAR BATERÍA	0,1	VISITA TÉCNICA	200000	9,3	8200000
		CALIBRACIÓN DE CADENAS	0,3	GRASA MULTIPROPÓSITO	10000		
		CAMBIO DE ESCOBILLAS DE MOTORES	1	GRASA DE LITIO	40000		
		REVISIÓN DE FUGAS DE ACEITE	0,3	LIMPIADOR DE CONTACTOS	30000		
		CAMBIO DE ACEITE, VALVULINA DE CAJA Y FILTROS	1	LIMPIADOR DE FRENOS	40000		
		CAMBIO DE MANGUERAS DEL CARRO DE LA TORRE	1	2 KIT DE ESCOBILLAS	640000		
		CAMBIO DE RODAMIENTOS DE LLANTAS	0,9	1 KIT DE CONTACTOS	400000		
		CAMBIO DE LAS LLANTAS	1	RUEDA DE TRACCIÓN	1200000		
		CAMBIO DE LOS CABLES 5-8 HILOS	1	4 RUEDA DE CARGA	1200000		
		REVISIÓN DEL ESTADO DE LAS POLEAS DEL MÁSTIL	0,2	RUEDA ESTABILIZADORA	860000		
		LUBRICACIÓN DEL REACH	0,4	CONECTOR BATERÍAS	100000		
		LUBRICACIÓN DEL MÁSTIL	0,4	MANGUERAS	2000000		
		LUBRICACIÓN DE LOS RODILLOS DEL PORTA BATERÍAS	0,4	CABLE 5 HILOS	700000		
		REVISIÓN DEL ESTADO DE LOS CABLES Y MÓDULOS ELECTRÓNICOS DE CONTROL	0,3	8 RODAMIENTOS 6205	160000		

EQUIPO	RUTINA	DESCRIPCIÓN	HH	MATERIALES O PROCESO	COSTO	HH	COSTO TOTAL
		CAMBIO DEL CONECTOR DE BATERÍAS	0,5	ACEITE	420000		
		REVISAR ACIDEZ DE LA BATERÍA	0,2		0		
		EXTRAER EXCESO DE AGUA DEL COFRE POR MEDIO DE LOS PILLOS UTILIZANDO UNA JERINGA	0,2				
		REVISIÓN DEL ESTADO DEL TORPEDO	0,1	FILTROS DE ACEITE	200000		
MONTACARGAS	MONT-CADA 5 AÑOS	DESCONECTAR BATERÍA	0,1	VISITA TÉCNICA	200000	17,1	9700000
		CAMBIO DE CADENAS	0,3	GRASA MULTIPROPÓSITO	10000		
		CAMBIO DE ESCOBILLAS DE MOTORES	1	GRASA DE LITIO	40000		
		REVISIÓN DE FUGAS DE ACEITE	0,3	LIMPIADOR DE CONTACTOS	30000		
		CAMBIO DE ACEITE, VALVULINA DE CAJA Y FILTROS	1	LIMPIADOR DE FRENOS	40000		
		CAMBIO DE MANGUERAS DEL CARRO DE LA TORRE	1	2 KIT DE ESCOBILLAS	640000		
		CAMBIO DE RODAMIENTOS DE LLANTAS	0,9	1 KIT DE CONTACTOS	400000		
		CAMBIO DE LAS LLANTAS	1	RUEDA DE TRACCIÓN	1200000		
		CAMBIO DE LOS CABLES 5-8 HILOS	1	4 RUEDA DE CARGA	1200000		
		CAMBIO DE LAS POLEAS DEL MÁSTIL	0,2	RUEDA ESTABILIZADORA	860000		
		LUBRICACIÓN DEL REACH	0,4	CONECTOR BATERÍAS	100000		
		LUBRICACIÓN DEL MÁSTIL	0,4	MANGUERAS	2000000		
		LUBRICACIÓN DE LOS RODILLOS DEL PORTA BATERÍAS	0,4	CABLE 5 HILOS	700000		
		REVISIÓN DEL ESTADO DE LOS CABLES Y MÓDULOS ELECTRÓNICOS DE CONTROL	0,3	8 RODAMIENTOS 6205	160000		
		CAMBIO DEL CONECTOR DE BATERÍAS	0,5	CONTRATO DE PINTURA	1500000		
		REVISIÓN DEL ESTADO DEL TORPEDO	0,1	ACEITE	420000		
		REVISAR ACIDES DE LA BATERÍA	0,2				
PINTURA GENERAL	8	FILTROS DE ACEITE	200000				

*Tabla 8. Rutinas de mantenimiento de montacargas.
Fuente: Autor del proyecto.*

3.9. Inspección a parámetros y equipos críticos

De acuerdo a la experiencia y al estudio de criticidad de los equipo se elabora una lista de chequeo con lo cual se inspecciona los detalles más críticos que pueden poner en riesgo el proceso productivo, en la Tabla 9 se muestra a manera de ejemplo el formato diseñado para la sede de Bucaramanga.

El formato de inspección de equipos críticos se diligencia de manera física en cada sede y es debidamente revisado, firmado y archivado por el responsable de las inspecciones y por el responsable de analizar dicha información. Mensualmente se pasan los formatos físicos utilizados durante el mes a formato digital y se almacenan en el sitio de la nube destina para tal fin por parte de la compañía.

A medida que aparezcan fallas críticas evitables por inspecciones, las cuales no están contempladas en el formato actual, se procederá a abrir acciones de mejora ante el comité de calidad para que el formato pueda ser modificado o actualizado buscando que la falla no se repita o se detecte a tiempo.

	FORMATO DE INSPECCIÓN DIARIA	FECHA _____ AL _____ DE 2017													
	FT-INSP-04	LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SÁBADO		DOMINGO	
EQUIPO	TAREA	ACT	REV	ACT	REV	ACT	REV	ACT	REV	ACT	REV	ACT	REV	ACT	REV
AIRE ACOND SUBESTACIÓN 2,5 MVA	REVISAR QUE LA TEMPERATURA SEA INFERIOR A 30°C	X		X		X		X		X		X			
AIRE ACOND SUBESTACIÓN 1,25 MVA	REVISAR QUE LA TEMPERATURA SEA INFERIOR A 30°C	X		X		X		X		X		X			
AIRE ACOND. DEL CUARTO DE MAQUINAS	REVISAR QUE LA TEMPERATURA SEA INFERIOR A 30°C	X		X		X		X		X		X			
PARÁMETROS DE EQUIP. REFRIGERACIÓN	TOMA DE DATOS Y ANÁLISIS	X		X		X		X		X		X			
EVAPORADORES CÁMARA	REVISAR POSIBLES FUGAS DE AMONIACO CON MECHA DE AZUFRE			X				X				X			
	REVISAR FORMACIONES DE HIELO	X		X		X		X		X		X			
CONDENSADORES EVAPORATIVO (VILTER Y FRCIK)	REVISAR VENTILADORES, BOMBAS, NIVEL DE H2O, CORREAS	X		X		X		X		X		X			
	REALIZAR PURGA DE AGUA AL SISTEMA FRCIK	X		X		X		X		X		X			
PUERTAS Y CÁMARAS Y TÚNELES	REVISIÓN DEL ESTADO DE LAS PUERTAS	X		X		X		X		X		X			
BOMBA PRESIÓN CONSTANTE 1	REVISAR TIEMPOS DE FUNCIONAMIENTO Y PRESIONES	X		X		X		X		X		X			
BOMBA DE AMONIACO 1 (STAND BY)	PONER EN FUNCIONAMIENTO DURANTE (1) HORA Y TOMAR DATOS	X													
BOMBA PRESIÓN CNSTE 2 (STAND BY)	PONER EN FUNCIONAMIENTO DURANTE (1) HACER LIMPIEZA	X													
PLANTA ELÉCTRICA	REVISAR NIVEL DE AGUA Y ACIDEZ DE LAS BATERÍAS	X													
	PONER EN FUNCIONAMIENTO 10 MINUTOS , REVISAR NIVEL DE COMBUSTIBLE Y HACER PURGAS DE TANQUE Y FILTRO HACER LIMPIEZA	X													
BATERÍA DE MONTACARGAS Y PE	REVISIÓN DE NIVELES DE H2O Y ESTADO DE LOS CABLES Y CONECTORES			X				X				X			
	REVISAR ACIDEZ DE LAS BATERÍAS EN GENERAL			X						X					
MUELLES	REVISIÓN Y/O CALIBRACIÓN DE RAMPAS Y PUERTAS			X											
MONTACARGAS	RE VISAR DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO			X		X		X		X		X		X	
	REVISIÓN DE FUGAS														X
	REVISAR FALLOS														X
	REVISAR RUEDAS														X
	LUBRICACIÓN REACH														X
PE CROWN	RE VISAR DISPONIBILIDAD DEL EQUIPO			X		X		X		X		X		X	
	REVISAR RUEDAS														X
	REVISAR FALLOS														X
	LUBRICACIÓN ESCUALIZABLE Y CALIBRACIÓN DE ALTURA (CM=)														X
HIDROLAVADORA - REFREGADORA	REVISAR NIVEL DE AGUA Y ACIDEZ DE LAS BATERÍAS	X													
PORTAESTIBAS ELÉCTRICOS DAYTON	REVISAR NIVEL DE AGUA Y ACIDEZ DE LAS BATERÍAS			X											
TANQUE DE H2O	REVISAR NIVEL DE AGUA (OPTIMO >40 MIL LITROS)	X	LITROS	X	LITROS	X	LITROS	X	LITROS	X	LITROS	X	LITROS	X	LITROS
TAQUE NH3	REVISAR NIVEL DE AMONIACO (OPTIMO >2)	X	NIVEL	X	NIVEL	X	NIVEL	X	NIVEL	X	NIVEL	X	NIVEL	X	NIVEL
BASCULAS	DISPONIBILIDAD	X		X		X		X		X		X			
ENFARDADORAS	DISPONIBILIDAD	X		X		X		X		X		X			
BOMBA SUMERGIBLE	REVISAR FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA	X													
CORTINAS RÁPIDA	DISPONIBILIDAD	X		X		X		X		X		X			
DÍA	RESPONSABLE	OBSERVACIONES													
LUNES															
MARTES															
MIÉRCOLES															
JUEVES															
VIERNES															
SÁBADO															
DOMINGO															

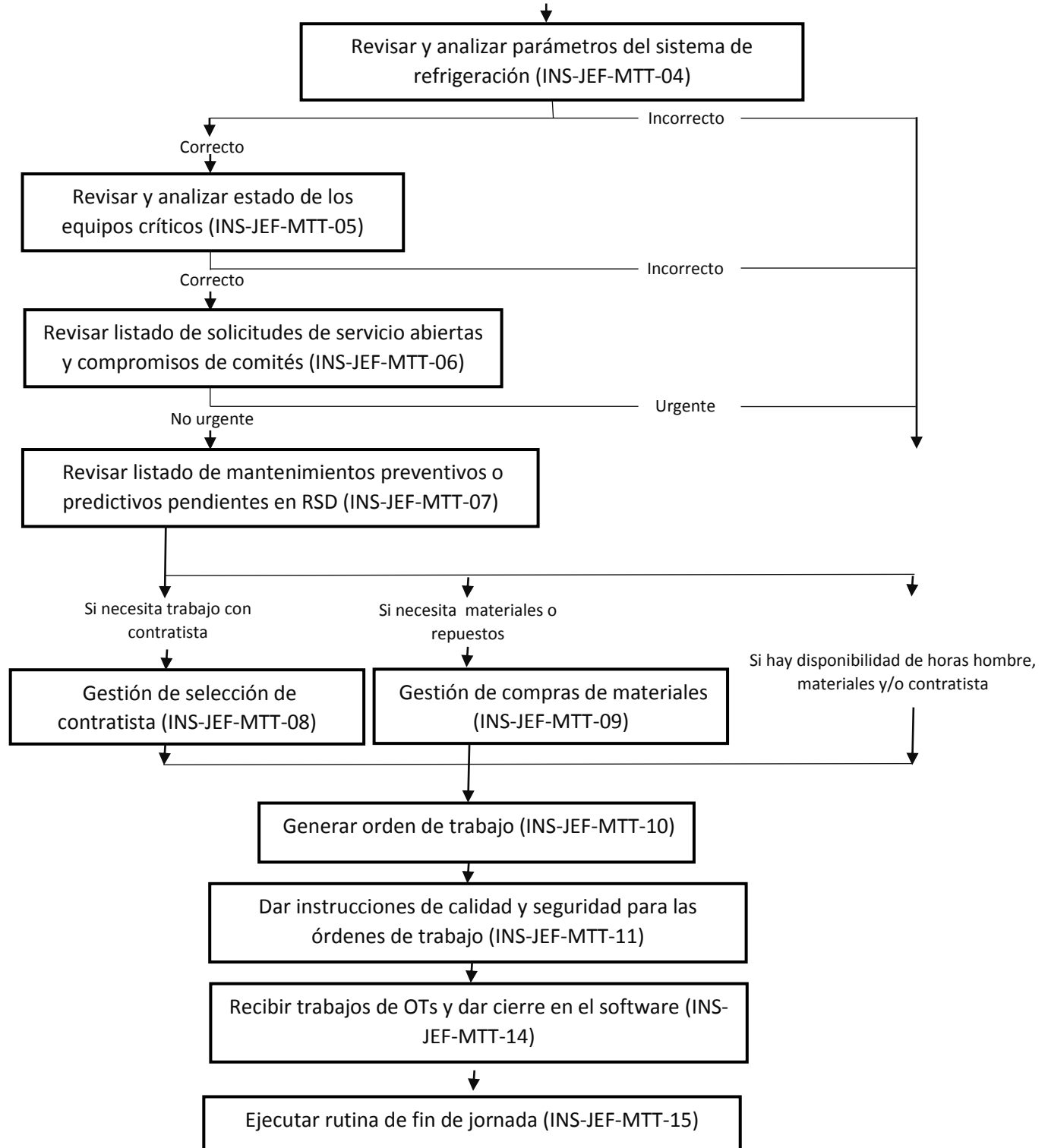
Tabla 9. Formato de inspección de equipos críticos.
Fuente: Autor del proyecto

3.10. Ruta de decisión para las tareas de mantenimiento

Se cuenta con una ruta de decisión con la cual el jefe de mantenimiento junto con su equipo de programación de trabajos priorizan las tareas de las jornadas, como se muestra en la figura 7.

Es de vital importancia que todas las tareas se prioricen con los criterios que allí se describen, ya que esta ruta enfatiza la permanencia del correcto funcionamiento de los equipos críticos

RUTA DE DECISIONES Y EJECUCIÓN DE LAS ORDENES DE TRABAJO DEL DÍA



*Figura 7. Ruta de decisión para las tareas de mantenimiento
Fuente: Autor del proyecto*

4. INDICADORES GERENCIALES

Los indicadores fueron diseñados junto con la gerencia para analizar los aspectos más relevantes de la operación, enfocándonos en costos, calidad del servicio y desempeño de cada una de las sedes con que cuenta la compañía.

Los indicadores son generados con frecuencia mensuales y guardados en el sitio que la compañía designo para tal fin en la nube. A continuación se muestran de manera detallada los indicadores y su método de análisis o calculo si es el caso.

4.1. INDICADORES DE CALIDAD

Estos indicadores van dirigidos a evaluar la calidad del servicio ofrecido por Frigorífico Metropolitano SAS, donde se analiza la calidad del frío suministrado.

4.1.1. Temperaturas de la cámara de conservación

Para este indicador se grafican las temperaturas promedios del mes de cada sede y se verifica que este dentro del rango adecuado. Se examinan los últimos tres meses, como parte de la trazabilidad determinada para analizar este indicador. En la Figura 8 se muestra a manera de ejemplo la gráfica generada para el análisis del mes de Marzo del 2018 de las cuatro sedes.

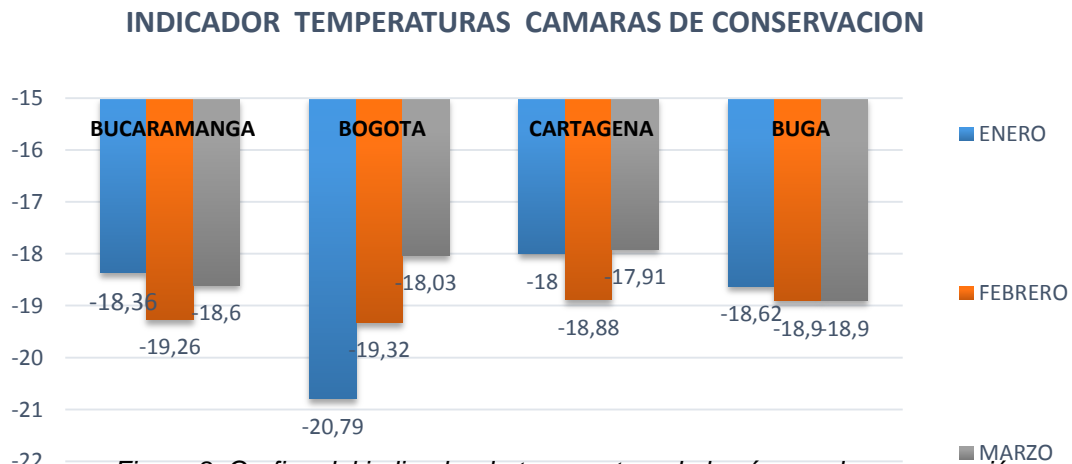


Figura 8. Grafico del indicador de temperatura de la cámara de conservación.

Fuente: Autor del proyecto

4.1.2. Meta de temperatura en conservación

La meta para este indicador es que la temperatura promedio de las cámaras de conservación este dentro del rango determinado de entre -18°C y -21°C, con lo cual se asegura la preservación de los alimentos almacenados ligado a un adecuado consumo energético. Es un indicador que se analiza como CUMPLE o NO CUMPLE.

4.1.3. Temperaturas del cuarto refrigerado

Para este indicador se grafican las temperaturas promedios del mes de cada sede y se verifica que este dentro del rango adecuado. Se examinan los últimos tres meses, como parte de la trazabilidad determinada para analizar este indicador. En la Figura 9 se muestra a manera de ejemplo la gráfica generada para el análisis del mes de Marzo del 2018 de las cuatro sedes.

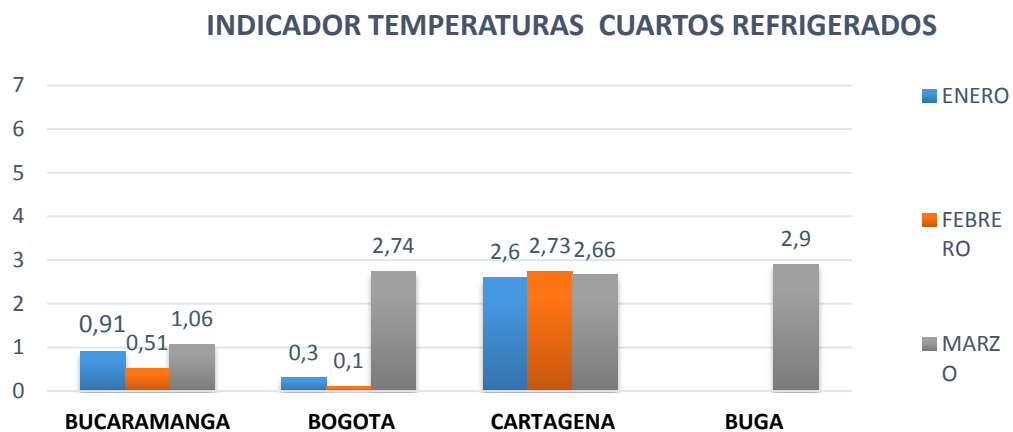


Figura 9. Gráfica del indicador de temperaturas de los cuartos refrigerados.
Fuente: Autor del proyecto

4.1.4 Meta de temperatura en refrigeración

La meta para este indicador es que la temperatura promedio de las cámaras de refrigeración este dentro del rango determinado el cual está entre 0,1°C a 4°C, con lo cual se asegura la preservación de los alimentos allí almacenados con un adecuado consumo energético. Es un indicador que se analiza como CUMPLE o NO CUMPLE.

4.2. INDICADORES DE DESEMPEÑO

Estos indicadores son de gran interés para la gerencia, ya que del buen desempeño de los factores analizados, depende la disminución de los costos relacionados con estos.

4.2.1 Indicador de consumo de energía

Para este indicador se grafican los porcentajes del consumo de energía comparados respecto a lo ideal. El consumo ideal se calcula mediante unas formulas definidas por el Frigorífico Metropolitano donde se determina la cantidad de energía que se debe consumir durante determinado mes dependiendo del número de días y de la cantidad de kilos congelados.

Para determinar el valor del porcentaje de consumo de energía se usa la ecuación 1:

$$\text{Porcentaje de consumo energia} = \frac{\text{Consumo real de energia}}{\text{Consumo ideal calculado de enegia}} \times 100$$

*Ecuación 1. Calculo del porcentaje de consumo de energía.
Fuente: Autor del proyecto*

Luego de calculado el porcentaje de consumo de energía de los últimos tres meses, se grafican para cada sede, como estrategia para el análisis de este indicador. En la Figura 10 se muestra a manera de ejemplo la gráfica generada para el análisis del mes de Marzo del 2018 de las tres sedes.

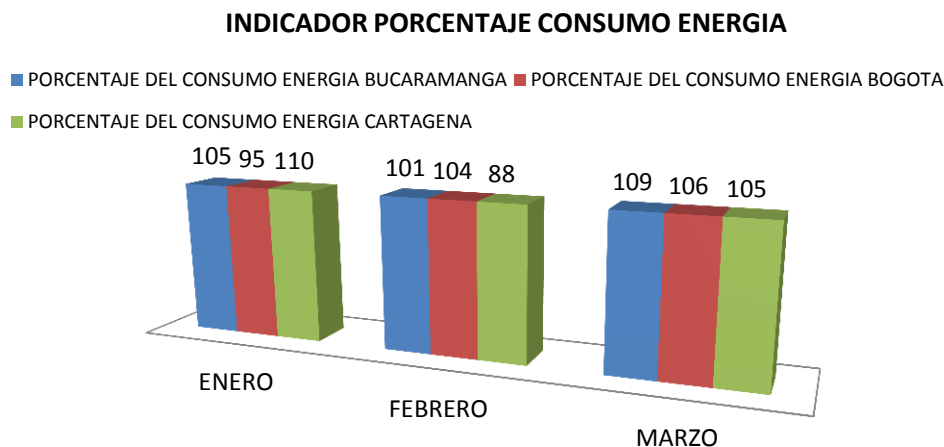


Figura 10. Gráfica del indicador del porcentaje de consumo de energía utilizado
Fuente: Autor del proyecto

4.2.1.1 Meta de indicador de consumo de energía

La determinación por parte de la gerencia para este indicador está fijada en que las sedes máximo deben consumir el 100% de la energía calcula para el proceso. Además se deben hacer planes y acciones de mejora para que dicho porcentaje vaya disminuyendo con el tiempo.

4.2.2. Indicador de consumo de agua

Para este indicador al igual que se determinó con el consumo de energía, se grafican los porcentajes del consumos de agua comparados respecto a lo ideal. El consumo ideal se calcula mediante unas formulas definidas por la compañía donde se determina la cantidad de agua que se debe consumir durante determinado mes dependiendo del número de días y de la cantidad de kilos congelados.

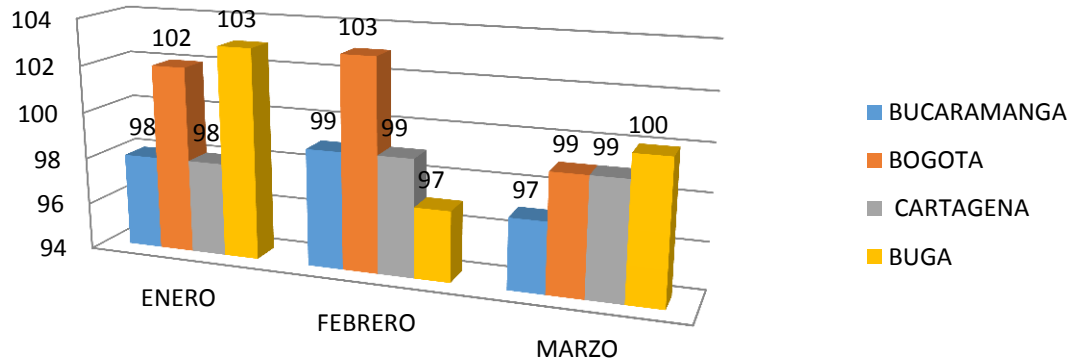
Para determinar el valor del porcentaje de consumo de agua se usa la ecuación 2:

$$\text{Porcentaje de consumo agua} = \frac{\text{Consumo real de agua}}{\text{Consumo ideal de agua calculado}} \times 100$$

*Ecuación 2. Fórmula para el cálculo del porcentaje de agua utilizada.
Fuente: Autor del proyecto*

Luego de calculado el porcentaje de consumo de agua de los últimos tres meses, se grafican para cada sede, como parte de la estrategia de análisis para este indicador. En la figura 11 se muestra a manera de ejemplo la gráfica generada para el análisis del mes de Marzo del 2018 de las cuatro sedes.

INDICADOR PORCENTAJE CONSUMO AGUA



*Figura 11. Gráfica del indicador del porcentaje de consumo de agua.
Fuente: Autor del proyecto*

4.2.2.1. Meta de indicador de consumo de agua

La determinación por parte de la gerencia para este indicador está fijada en que las plantas máximo deben consumir el 100% del agua calcula para el proceso. Además se deben hacer planes y acciones de mejora para que dicho porcentaje vaya disminuyendo con el tiempo.

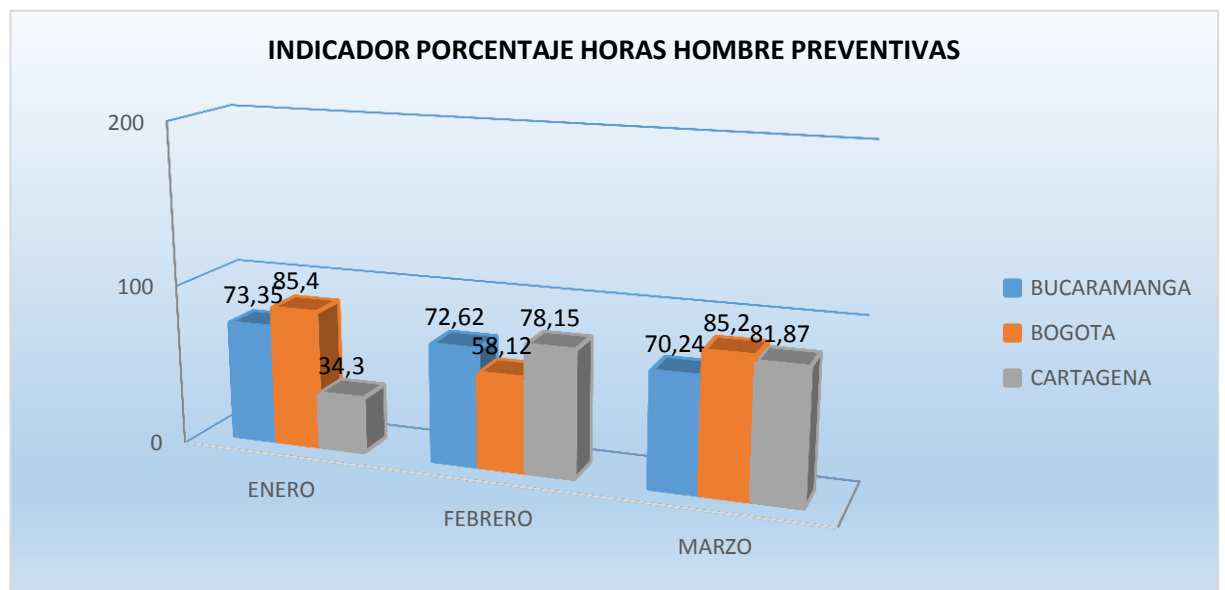
4.2.3 Indicador de eficacia del programa de mantenimiento

Este indicador se mide usando la información de horas hombres utilizados en mantenimiento preventivo y predictivos sobre el total de horas hombres utilizados por el departamento de mantenimiento. Para esto se utiliza la siguiente ecuación 3:

$$\text{Porcentaje de HH Preventivas} = \frac{\text{HH Mantenimientos preventivas ejecutadas}}{\text{HH Totales de mantenimiento ejecutadas}} \times 100$$

Ecuación 3. Fórmula para el cálculo del porcentaje de horas hombre preventivas

Luego de calculado el porcentaje se procede a graficarlos para su mejor entendimiento como lo muestra la Figura 12.



*Figura 12. Gráfica del indicador del porcentaje de horas hombre preventivas de tres meses.
Fuente: Autor del proyecto.*

4.2.3.1. Meta del indicador de eficacia del programa de mantenimiento

Para este indicador se fijó como meta inicial mantener el porcentaje de horas hombre utilizado en mantenimientos preventivos y predictivos por encima del 70%, Esta cifra será determinada para cada año por la gerencia.

4.2.4. Indicador de disponibilidad de equipos críticos

La disponibilidad de los equipos críticos es calculada automáticamente por el software de gestión de mantenimiento mensualmente y generada a través de un reporte tal y como se muestra a manera de ejemplo en la Figura 13.

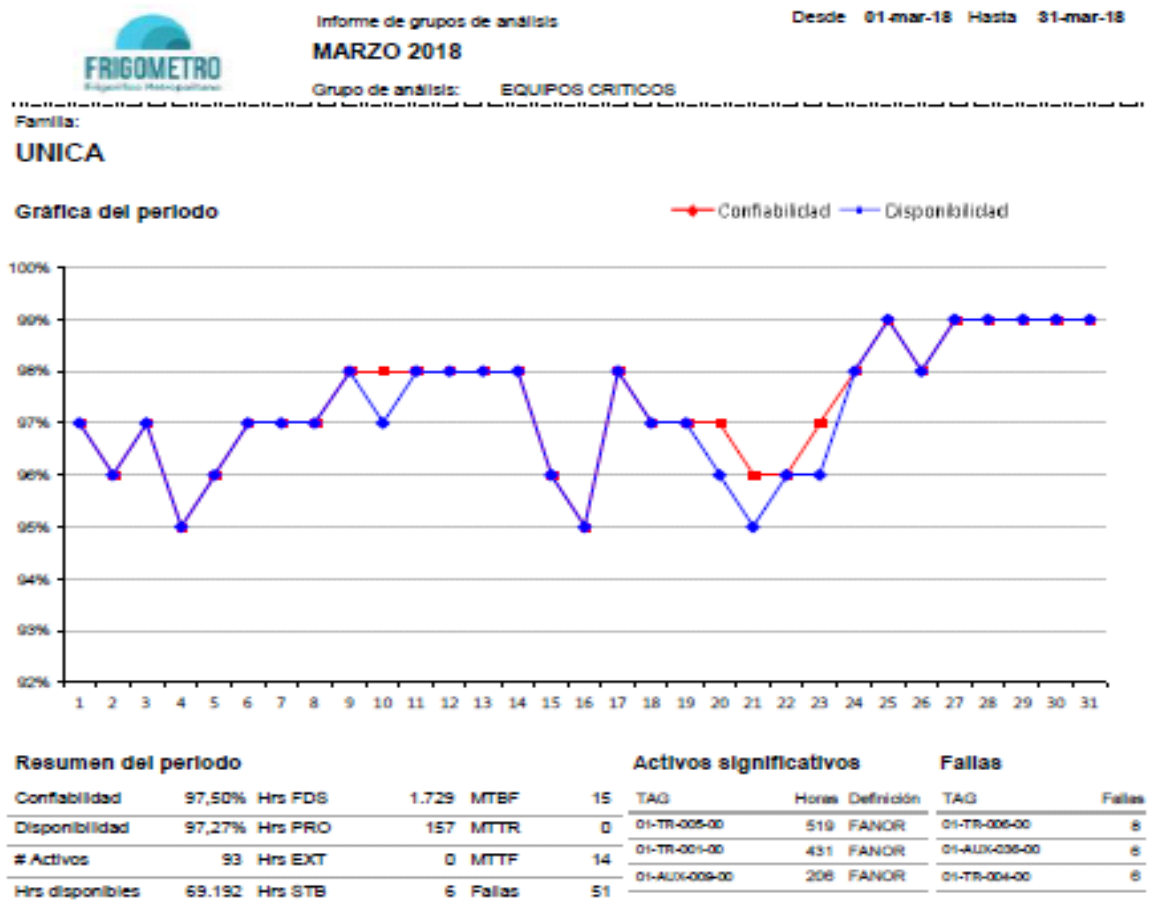


Figura 13. Reporte de disponibilidad y confiabilidad de equipo críticos con el software SAIM
 Fuente: Autor del proyecto

4.2.4.1. Meta indicador de disponibilidad de equipos críticos

La meta fijada para este indicador es del 95% o superior a este.

4.2.5. Indicador cumplimiento del presupuesto

La gerencia cada año programa y dispone de una cantidad de dinero para el mantenimiento de los activos de acuerdo a las tareas programadas cada mes para cada una de sus sedes. Dicho valor es el referente para el análisis de este indicador.

4.2.5.1. Meta del cumplimiento del presupuesto

La meta de este indicador es cumplir con el 100% del presupuesto, sin tender a gastar más lo cual es sinónimo de una mala planeación y sin tender a gastar menos ya que esto evidencia que hay tareas que se están dejando de ejecutar.

5. RCM (*Reliability Centred Maintenance*) al equipo crítico con menor tiempo entre fallos.

Dentro de la estrategia de Frigometro está el análisis RCM a los equipos críticos con tiempo entre fallos menores a quince días durante dos meses consecutivos, para redefinir las nuevas rutinas y tareas de mantenimiento a los activos mencionados, en pro de mejorar dicho indicador.

A continuación se explica de forma práctica y con un ejemplo el método para realizar los RCM. En este caso se determinó que los equipos críticos con el menor tiempo entre fallos son los montacargas eléctricos doble reach marca Crown, para lo cual realizaremos el análisis.

5.1. Análisis de modos y efectos de falla del equipo (FMEA).

El primer paso para esta técnica es definir las funciones del equipo y sus respectivos modos y efectos de fallos de estos como se puede ver en la tabla 10.

RCM - HOJA DE TRABAJO						
Planta	PRINCIPAL	Fecha	29-dic-17	Hoja No: 1		
Sistema	TRANSPORTE	Facilitador	Johan Pedraza	Equipo de Trabajo: Mtto.		
Subsistema	MOVIMIENTO DE CARGAS	Auditado Por	Luis Sepúlveda	Equipo : MONTACARGAS CROWN		
Función	Falla Funcional (Pérdida de la Función)	Modo de Falla -Causa de Falla	Efecto de Falla - Consecuencia de Falla (Que pasa cuando falla)			
1	TRANSPORTE Y MOVIMIENTO DE CARGAS	1	El equipo no se desplaza.	1	Joystick no funciona.	No se genera desplazamiento del equipo.
				2	Rueda de tracción desgastada.	Se presenta deslizamiento del equipo por la falta del labrado en la rueda de tracción, esto genera que el equipo se deslice.
				3	Motor de tracción en corto.	No se genera desplazamiento del equipo.
				4	Rodamientos frenados del motor	No se genera desplazamiento del equipo.

2	El equipo no eleva cargas.	5	Desbalanceo de la transmisión.	Imposibilita el buen movimiento de la rueda de tracción, lo que ocasiona desplazamientos erróneos.
		6	Nivel bajo de carga de batería.	No hay suficiente energía para alimentar el ACCESS 3.
		7	Access 3 no funciona.	No permite el funcionamiento de ninguno de los componentes del equipo.
		8	Sistema de frenado no funciona	Genera detención del sistema de tracción y sobrecalentamiento de la transmisión.
		9	Cables de control deteriorados.	Se interrumpe comunicación de la botonera con el computador del equipo.
		10	Ruedas de carga averiadas.	Interrumpe el desplazamiento del equipo
		11	Sensores defectuosos.	Interrumpe el desplazamiento del equipo
		12	Eje de las ruedas de carga averiados.	No se genera desplazamiento del equipo.
		13	Rodamiento de la rueda de carga dañado.	No se genera desplazamiento del equipo.
		1	Nivel de aceite hidráulico bajo.	Hace que el cilindro de elevación no llegue a su altura máxima. Genera desgaste en la bomba de elevación.
		2	Bomba de elevación defectuosa.	No permite que el sistema hidráulico de elevación funcione.
		3	Fugas de aceite por acoples o válvulas.	Genera que el nivel de aceite no sea el óptimo para realizar la elevación.
		4	Desgaste en bujes del reach.	Provoca detención de los ejes imposibilitando el movimiento de elevación.
	5	Desbalanceo en las barras del reach.	Genera que las uñas de elevación no suban equilibradamente.	
	6	Rotura de eje o brazo del reach.	No permite la elevación del sistema.	
	7	Daño en cilindros de elevación.	No permite la elevación del sistema.	
	8	Nivel bajo de carga de batería.	No genera energía suficiente para alimentar el ACCESS 3	
	9	Señales de control eléctricas averiados.	No permite la comunicación de la botonera con el ACCESS 3	
	10	Access 3 no funciona.	Presenta bloqueo en el sistema de elevación	
	11	Motor auxiliar averiado.	No genera la suficiente fuerza de arranque para elevar el cilindro de elevación.	
	12	Daño en sellos de los cilindros	Genera fugas de aceite y pérdida de presión en el sistema hidráulico	
	13	Daño en el bloque hidráulico principal	Genera fugas y restringe el sistema hidráulico de elevación.	
	14	Fuga de aceite hidráulico por	Genera fugas de aceite y pérdida de presión en el sistema hidráulico	

			mangueras.	
		15	Válvulas solenoides no funcionan.	No permite el paso de aceite a través del bloque hidráulico.

Tabla 10. FMEA del equipo montacargas Crown.
Fuente: Autor del proyecto

5.2. Pareto de fallas de los últimos 7 años

Aprovechando la información disponible de los fallos de los últimos 7 años se hace un Pareto (Tabla 11 y Figura 14) para determinar cuáles son los fallos que tienen el mayor porcentaje del total de fallos.

FALLAS	FRECUENCIA DE FALLAS EN 7 AÑOS	FRECUENCIA ACUMULADA
Desgaste de rueda de tracción	7	14%
Ruedas de carga averiadas	7	14%
Rotura de eje del reach	7	14%
Desgaste de mangueras	7	14%
Fugas de aceite	7	14%
Falta de aceite hidráulico	7	14%
Daño en rodamientos	7	14%
Nivel bajo de carga de batería	7	14%
Daño en sellos de los cilindros	3	6%
Fallo en cadenas de elevación	3	6%
Falla en el joystick	2	4%
Desbalanceo de la transmisión	2	4%
Daño en cilindros de elevación	2	4%

Desbalanceo en las barras del reach	1,4	3%
Daño en el bloque hidráulico principal	1	2%
Rodamientos frenados del motor	1	2%
Falla en los controles hidráulicos.	1	2%
Falla en Access 3	1	2%
Falla en el sistema de frenado	1	2%
Falla eléctrica en el motor tracción	1	2%
Falla en cables de control	1	2%
Falla en la bomba de elevación	1	2%
Falla en motor auxiliar	1	2%
Fallo en solenoides	1	2%
Desgaste en bujes del reach	1	2%
Falla en sensores	1	2%

*Tabla 11. Pareto para los modos de falla del montacargas Crown.
Fuente: Autor del proyecto*

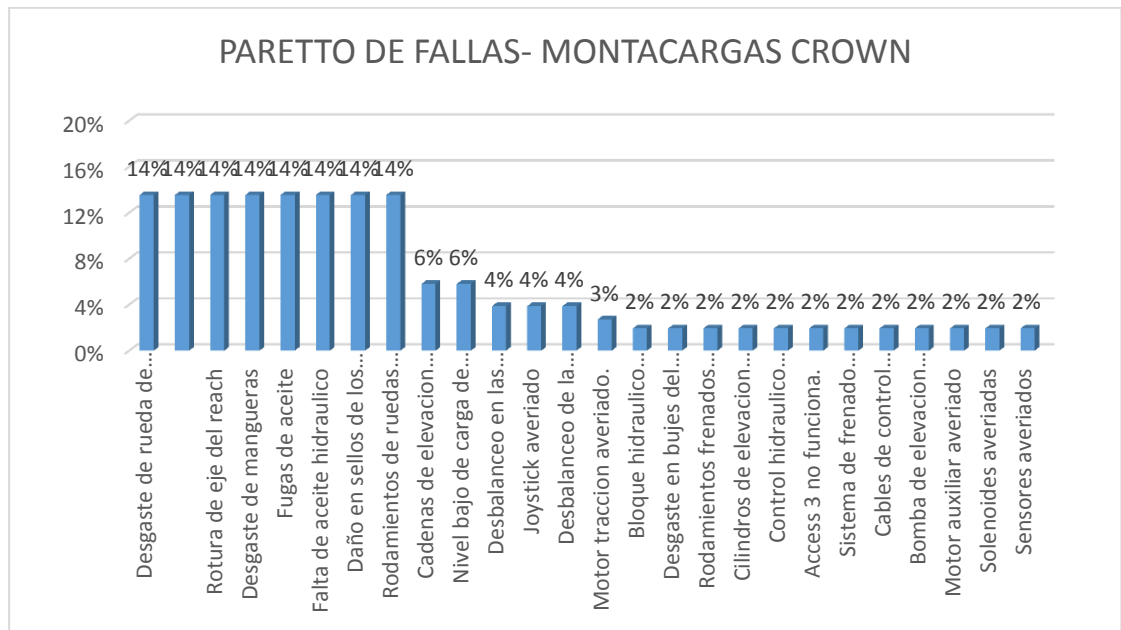


Figura 14. Pareto de modos de fallos del montacargas Crown.
Fuente: Autor del proyecto.

5.3. Jerarquización de la falla

El siguiente paso es jerarquizar la falla. Para esto se determina un intervalo de tiempo al equipo sobre el cual se hace el análisis y de esta manera calcular la frecuencia de falla (FF) de cada modo, su nivel de detección (ND), su nivel de severidad (NS) y su nivel de costos (NC). En la tabla 12 se explica cómo dar valor a estos niveles. Ya definido los valores anteriormente mencionados se proceden a calcular los números de priorizaciones de riesgo (NPR) el cual está dado por la Ecuación 4:

$$NPR = FF * (ND + NS + NC)$$

Ecuación 4. Fórmula para el cálculo del NPR

El resultado de ejecutar la ecuación mostrada es un determinado número el cual se puede interpretar a través de la tabulación de la tabla 13.

		1	10
ND	Nivel Detección	Fácil Detección	Difícil Detección
NS	Nivel Severidad	Muy Poca	Muy Alta
NC	Nivel Costos	Muy Poco	Muy Alto

Tabla 12. Tabla de valores para los niveles de jerarquización de modos de fallo.
Fuente: Autor del proyecto.

Rango	Nivel
0-34	Baja Criticidad
35-74	Media criticidad
75-150	Alta Criticidad

Tabla 13. Tabla para interpretar el NPR.
Fuente: Autor del proyecto

En la Tabla 14 se muestra el análisis de jerarquización de fallas para el montacargas Crown.

Modo de Falla -Causa de Falla		HORAS DE TRABAJO (7 AÑOS)	FRECUENCIA DE FALLOS EN HORAS	JERARQUIZACIÓN DEL MODO DE FALLA-CAUSA DE FALLA					CRITICIDAD
				FF	ND	NS	NC	RPN	
1	Desgaste de rueda de tracción	61320	8760	7	1	10	10	147	Alta Criticidad
3	Ruedas de carga averiadas	61320	8760	7	2	8	4	98	Alta Criticidad
4	Rotura de eje del reach	61320	8760	7	2	8	4	98	Alta Criticidad
5	Desgaste de mangueras	61320	8760	7	3	3	4	70	Media Criticidad
6	Fugas de aceite	61320	8760	7	5	2	2	63	Media Criticidad
7	Falta de aceite hidráulico	61320	8760	7	4	1	3	56	Media Criticidad
8	Daño en sellos de los cilindros	61320	20440	3	6	6	5	51	Media Criticidad
9	Rodamientos de ruedas de carga desgastados	61320	8760	7	2	2	3	49	Media Criticidad

10	Cadenas de elevación desgastadas	61320	20440	3	2	9	5	48	Media Criticidad
11	Nivel bajo de carga de batería	61320	8760	7	1	1	3	35	Media Criticidad
13	Desbalanceo en las barras del reach	61320	30660	2	2	7	8	34	Baja Criticidad
14	Joystick averiado	61320	30660	2	2	6	7	30	Baja Criticidad
15	Desbalanceo de la transmisión	61320	61320	1	10	10	9	29	Baja Criticidad
16	Motor tracción averiado.	61320	43800	1,4	2	9	8	26,6	Baja Criticidad
17	Bloque hidráulico principal defectuoso.	61320	61320	1	7	9	10	26	Baja Criticidad
18	Desgaste en bujes del reach	61320	30660	2	2	6	4	24	Baja Criticidad
19	Rodamientos frenados del motor	61320	61320	1	6	9	8	23	Baja Criticidad
20	Cilindros de elevación defectuosos	61320	61320	1	4	9	9	22	Baja Criticidad
22	Control hidráulico defectuoso	61320	61320	1	7	8	7	22	Baja Criticidad
23	Access 3 no funciona.	61320	61320	1	1	10	10	21	Baja Criticidad
24	Sistema de frenado averiado	61320	61320	1	6	7	7	20	Baja Criticidad
25	Cables de control deteriorados	61320	61320	1	4	9	6	19	Baja Criticidad
26	Bomba de elevación averiada	61320	61320	1	2	8	7	17	Baja Criticidad
27	Motor auxiliar averiado	61320	61320	1	4	6	7	17	Baja Criticidad
28	Solenoides averiadas	61320	61320	1	5	7	5	17	Baja Criticidad
29	Sensores averiados	61320	61320	1	3	4	6	13	Baja Criticidad

Tabla 14. Jerarquización de modos de fallo para el Montacargas Crown.
Fuente: Autor del proyecto.

5.4. Nuevas tareas de mantenimiento.

El último paso es definir las tareas de mantenimiento de acuerdo al árbol de decisión donde se determina el tipo de tarea, indicando la descripción de la acción y su frecuencia de ejecución. En la tabla 15 se pueden observar las tareas predefinidas que evitan nuevamente el tipo de fallo.

Modo de Falla -Causa de Falla		Actividad de Mantenimiento Utilizando el Árbol de Decisión.	Acción de Mantenimiento a Ejecutar	Frecuencia a Aplicar	
				Frecuencia calculada	Frecuencia planificada
1	Desgaste de rueda de tracción	Mantenimiento basado en condición	1. Inspección del estado de la rueda.	4380	SEMESTRAL
		Mantenimiento preventivo	2. Cambio de rueda.	8760	ANUAL
2	Ruedas de carga averiadas	Mantenimiento preventivo	3. Realizar cambio de ruedas de carga con sus rodamientos.	8760	ANUAL
3	Rotura de eje del reach	Mantenimiento basado en condición	Inspección de grietas en el eje del reach.	8760	ANUAL
4	Desgaste de mangueras	Mantenimiento basado en condición	4. Inspección de fugas en mangueras.	8760	ANUAL
5	Fugas de aceite	Tarea periódica de inspección de fallos	5. Inspección y mantenimiento de fugas.	8760	ANUAL
6	Falta de aceite hidráulico	Tarea periódica de inspección de fallos	6. Adición de aceite hidráulico a nivel requerido.	4380	SEMESTRAL
7	Sellos de los cilindros dañados	Mantenimiento preventivo	7. Cambio de kit de sellos.	20440	BIANUAL
8	Rodamientos desgastados	Mantenimiento preventivo	8. Cambio de rodamientos.	8760	ANUAL
9	Cadenas de elevación	Mantenimiento basado en condición	9. Inspección del desgaste de las cadenas de elevación.	20440	BIANUAL
10	Nivel bajo de carga de batería	Tarea periódica de inspección de fallos	10. Revisión de acidez, nivel de agua y mantenimiento.	8760	ANUAL
12	Joystick averiado	Mantenimiento basado en condición	12. Inspección de voltajes de los potenciómetros del joystick	30660	BIANUAL

13	Desbalanceo de la transmisión	Mantenimiento basado en condición	13. Inspección y/o rectificación de piezas.	61320	CADA 5 AÑOS
14	Bloque hidráulico principal con fuga	Mantenimiento basado en condición	14. Revisión de fugas, grietas o cambio de bloque.	61320	CADA 5 AÑOS
15	Desbalanceo en las barras del reach	Tarea periódica de inspección de fallos	15 Revisión o rectificación de piezas.	30660	BIANUAL
16	Rodamientos frenados del motor	Mantenimiento basado en condición	16. Revisión o cambio de rodamientos y mantenimiento al motor.	61320	CADA 5 AÑOS
17	Cilindros de elevación averiados	Mantenimiento basado en condición	17. Revisión o cambio de cilindros de elevación.	61320	CADA 5 AÑOS
18	Control hidráulico defectuoso.	Mantenimiento basado en condición	18. Revisión o cambio controladores hidráulicos.	61320	CADA 5 AÑOS
19	Access 3 no funciona	Mantenimiento basado en condición	19. Inspección de borneras del Access 3	61320	CADA 5 AÑOS
21	Sistema de frenado defectuoso	Mantenimiento basado en condición	21. Revisión de componentes y cambiar los desgastados.	61320	CADA 5 AÑOS
22	Motor de tracción averiado	Mantenimiento basado en condición	22. Revisión de componentes eléctricos o cambio si es necesario.	43800	CADA 4 AÑOS
23	Cables de control deteriorados	Mantenimiento basado en condición	23. Revisión de arnés de cables	61320	CADA 5 AÑOS
24	Bomba de elevación averiada	Mantenimiento preventivo	24. Cambio de bomba.	61320	CADA 5 AÑOS
25	Motor auxiliar averiado	Mantenimiento preventivo	25. Mantenimiento general de motor auxiliar	61320	CADA 5 AÑOS
26	Solenoides averiados	Mantenimiento basado en condición	26. Inspección de solenoides	61320	CADA 5 AÑOS
27	Desgaste en bujes del reach	Tarea periódica de inspección de fallos	27. Inspección o cambio de bujes del reach	30660	CADA 3 AÑOS
28	Sensores averiados	Mantenimiento basado en condición	28. Inspección o cambio de sensores.	61320	CADA 5 AÑOS

*Tabla 15. Tareas de mantenimiento para RCM del montacargas Crown.
Fuente: Autor del proyecto.*

5.5. Indicador de eficiencia de mantenimiento (MEI)

Después de definidas las tareas de mantenimiento propuestas por la RCM analizamos su indicador de eficiencia de mantenimiento como se ve en la tabla 16 para ver si cada una es finalmente incluida dentro de las tareas programadas para el equipo.

El MEI se calcula con la ecuación 5:

$$MEI = \frac{\text{Perdida de producción sin mantenimiento} - \text{Perdida de producción con mantenimiento}}{\text{Costo de realizar el mantenimiento}}$$

Ecuación 5. Ecuación para calcular el MEI

Si el MEI es mayor a 1 entonces es conveniente incluir la tarea dentro del plan de mantenimiento.

Modo de Falla -Causa de Falla	Acción de Mantenimiento a Ejecutar	DATOS MEI			
		Costo falla	Costo Mtto	MEI	Aprobado
Desgaste de rueda de tracción	1. Inspección del estado de la rueda.	2000000	30000	66,7	SI
	2. Cambio de rueda.	2000000	1000000	2,0	SI
Ruedas de carga averiadas	3. Realizar cambio de ruedas de carga con sus rodamientos.	2000000	1500000	1,3	SI
Rotura de eje del reach	Inspección de grietas en los eje del reach.	8000000	120000	66,7	SI
Desgaste de mangueras	4. Inspección de fugas en mangueras.	4000000	120000	33,3	SI
Fugas de aceite	5. Inspección y mantenimiento de fugas.	4000000	120000	33,3	SI
Falta de aceite hidráulico	6. Adición de aceite hidráulico a nivel requerido.	4000000	100000	40,0	SI
Sellos de los cilindros dañados	7. Cambio de kit de sellos.	4000000	1000000	4,0	SI
Rodamientos desgastados	8. Cambio de rodamientos.	2000000	200000	10,0	SI
Cadenas de elevación	9. Inspección del desgaste de las cadenas de elevación.	4000000	120000	33,3	SI

Nivel bajo de carga de batería	10. Revisión de acidez, nivel de agua y mantenimiento.	1000000	30000	33,3	SI
Joystick averiado	12. Inspección de voltajes de los potenciómetros del joystick	4000000	60000	66,7	SI
Desbalanceo de la transmisión	13. Inspección y/o rectificación de piezas.	4000000	1500000	2,7	SI
Bloque hidráulico principal con fuga	14. Revisión de fugas, grietas o cambio de bloque.	14000000	1200000	11,7	SI
Desbalanceo en las barras del reach	15. Revisión o rectificación de piezas.	4000000	200000	20,0	SI
Rodamientos frenados del motor	16. Revisión o cambio de rodamientos y mantenimiento al motor.	4000000	700000	5,7	SI
Cilindros de elevación averiados	17. Revisión o cambio de cilindros de elevación.	4000000	3000000	1,3	SI
Control hidráulico defectuoso.	18. Revisión o cambio controladores hidráulicos.	4000000	3000000	1,3	SI
Access 3 no funciona	19. Inspección de borneras del Access 3	14000000	120000	116,7	SI
Sistema de frenado defectuoso	21. Revisión de componentes y cambiar los desgastados.	14000000	120000	116,7	SI
Motor de tracción averiado	22. Revisión de componentes eléctricos o cambio si es necesario.	8000000	700000	11,4	SI
Cables de control deteriorados	23. Revisión de arnés de cables	8000000	4000000	2,0	SI
Bomba de elevación averiada	24. Cambio de bomba.	14000000	7000000	2,0	SI
Motor auxiliar averiado	25. Mantenimiento general de motor auxiliar	8000000	700000	11,4	SI
Solenoides averiados	26. Inspección de solenoides	8000000	120000	66,7	SI
Desgaste en bujes del reach	27. Inspección o cambio de bujes del reach	8000000	120000	66,7	SI
Sensores averiados	28. Inspección o cambio de sensores.	8000000	120000	66,7	SI

Tabla 16. Tabla de cálculos de MEI para las tareas propuesta.

Fuente: Autor del proyecto

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Frigorífico Metropolitano SAS cuenta con un proceso de gestión de activos que involucra varios conceptos de usan las empresas clase mundo y que hacen que sus activos sean confiables durante todo momento, asegurando una productividad continua.
- Contar con indicadores facilita la tarea de entender, analizar y tomar decisiones sobre la gestión de mantenimiento en busca de mejorar costos, desempeños y calidad de los servicios ofrecidos. Después de implementar los indicadores propuestos se ha logrado la disminución en un 30% aproximadamente del gasto de mantenimiento.
- Contar con los indicadores permite hacer una sana competencia entre las sedes de la empresa Frigometro, incentivando la continua búsqueda de mejorar resultados en cada uno de los diferentes grupos de trabajo. Actualmente se hace benchmarking interno.
- El mantenimiento aplicado por Frigorífico Metropolitano SAS comprende técnicas modernas de mantenimiento tales como mantenimiento por condición, predictivos y preventivos, entendiendo esto como una gran fortaleza con que cuenta la empresa para el desarrollo de sus objetivos.
- Contar con análisis RCM para los equipos críticos optimiza las tareas necesarias para elevar la confiabilidad de la producción, lo cual hace parte plan estratégico organizacional. Por tal motivo se recomienda que mínimo una vez al año se le haga este tipo de análisis al equipo crítico con el menor tiempo entre fallos.

- El software utilizado actualmente para la gestión de activos cumple con los requerimientos técnicos precisos para el correcto análisis del proceso, ayudando de manera significativa a ahorrar tiempos en trabajos administrativos utilizados para estudiar la información importante allí almacenada.

7. BIBLIOGRAFÍA

Nachlas A, Joel, *Fiabilidad*, 1995, 216 paginas

BUITRAGO ARENAS, Jaime Giovanni, *Análisis operativo del sistema de refrigeración del Frigorífico Metropolitano*, 2012, 220 paginas. Disponible en <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/>

AMENDOLA, Luis, *Indicadores de confiabilidad propulsores en la gestión de mantenimiento*. Disponible en: http://www.mantenimientoplanificado.com/Articulos%20gesti%C3%B3n%20mantenimiento_archivos/indicadores%20confiabilidad%20amendola.pdf

J. Moira, *RCM II mantenimiento centrado en confiabilidad*. Buenos Aires Argentina: traducido por Ellmann, Sueiro y Asociados, 2004.

N. Stanley, *Reliability-Centered Maintenance*. San Francisco: U.S Department of Commerce, Madrid – España, 1978.P.2.

NFPA 25, Edición 2002, Norma para Inspección, Prueba y Mantenimiento de Sistemas de Protección Contra Incendios a Base de Agua, OPCI 2002.

ANEXO A

FORMATO DE DESCRIPCIÓN DEL CARGO PARA JEFE DE MANTENIMIENTO



DESCRIPCIÓN DEL
CARGO
JEFE DE
MANTENIMIENTO
GH-MF-32

05-02-2017

Versión
1

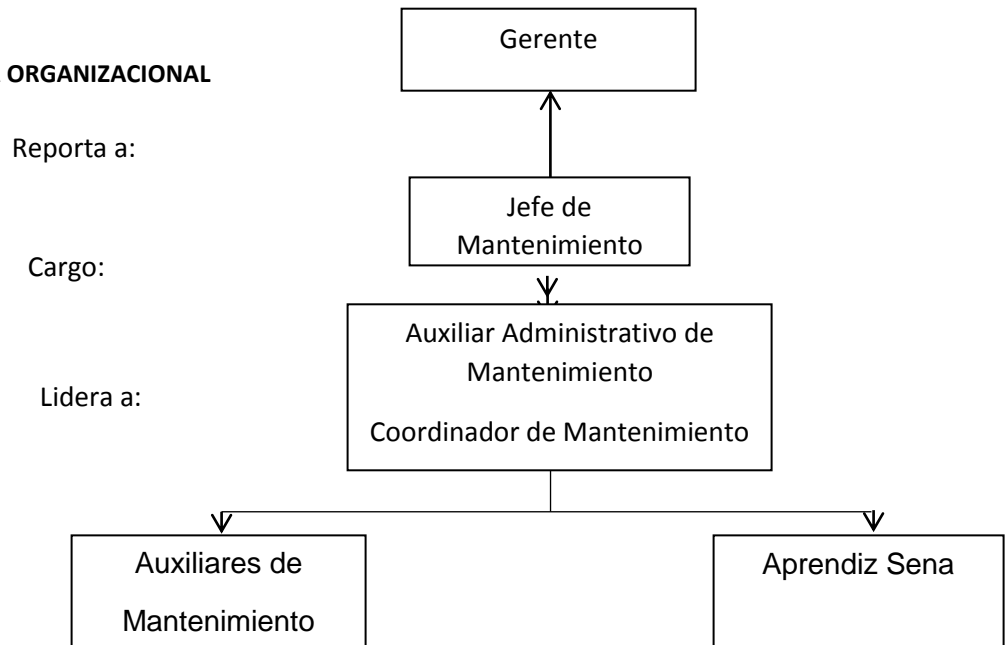
Página 1 de 6

I. IDENTIFICACIÓN DEL CARGO

Denominación del Cargo: Jefe de Mantenimiento

Área o Proceso de la que depende el Cargo: Mantenimiento

II. ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL



III. MISION, COMPETENCIAS Y DESCRIPCIÓN DE FUNCIONES

a. Misión del cargo.

Liderar las diferentes actividades de mantenimiento preventivo y correctivo programados para lograr la eficiencia y eficacia propuesta en el funcionamiento de las instalaciones y equipos utilizados en la empresa, cumpliendo con el presupuesto asignado

b. Autoridades.

- Desarrollo del programa de mantenimiento de planta física, equipos, maquinas, herramientas de la compañía.
- Ejerce autoridad sobre el Coordinador de mantenimiento, Auxiliar de mantenimiento y aprendices del Sena asignados.

c. Competencias requeridas para el cargo

Educación

Nivel de Educación		Detalle del Nivel Educativo	
Profesional		<ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero Mecánico • Ingeniero Electromecánico • Ingeniero Electrónico 	
Especialización		<ul style="list-style-type: none"> • Gerencia de Mantenimiento • Gerencia de Proyectos • Gerencia de producción y Operaciones Logísticas 	
Convalidación de la Educación:	¿Aplica para el Cargo?		Criterios de Convalidación
	SI	NO	
		X	

Experiencia Laboral

Nivel de Experiencia	Detalle de Experiencia Requerida
Mínima 2 años	En cargo similar como Jefe de Mantenimiento

	preferiblemente en el sector de logística para productos perecederos y refrigeración industrial	
Convalidación de la Experiencia:	¿Aplica para el Cargo?	
	SI	NO
		X
Criterios de Convalidación		

Formación

Temas de Formación:
Curso básico de Trabajo en Alturas
Ingles básico
Curso de Seguridad y Salud en el trabajo
Excel

Habilidades requeridas para el cargo

Habilidades Corporativas	Habilidades Directivas	Habilidades Profesionales
1. Orientación al Cliente	1. Liderazgo	1. Compromiso
2. Comunicación Asertiva	2. Pensamiento estratégico	2. Trabajo bajo presión
3. Trabajo en Equipo	3. Toma de decisiones	3. Calidad del trabajo
4. Mejoramiento Continuo	4. Planificación y organización	4. Atención al detalle
5. Orientación a la Calidad	5. Administración de recursos	

6. Inteligencia	6. Orientación al logro	
7. Adaptabilidad	7. Negociación	
8. Confianza en sí mismo	8. Empoderamiento	
9. Relaciones Interpersonales	9. Gestión de personas	
10. Cultura del Servicio	10. Gestión de cambio	

Habilidades Administrativas	Habilidades Específicas Operativas
1. Actitud hacia las normas	1. Trabajo bajo presión
2. Análisis y solución de problemas	2. Aprendizaje
3. Habilidad analítica	3. Organización

d. Principales Funciones y Responsabilidades

Ciclo PHVA	Funciones y Responsabilidades	Tareas	Frecuencia	APLICA A			
				BGA	CTG	BT A	BUGA
P	Coordinación y direccionamiento del área de mantenimiento	Establecer y aplicar mantenimiento preventivo y correctivo a los montacargas, equipos eléctricos, cuarto de conservación y túneles congelación, estanterías,	D	x	X	x	x

ento. sistema de pesaje,
subestaciones eléctricas y
equipos de oficina.

P	Coordinar trabajos a realizar en mantenimiento preventivo y correctivo de acuerdo a las solicitudes que se realicen los jefes de área.	D	x	X	x	x
P	Coordinar mantenimientos preventivos y correctivos a la planta física, maquinaria, equipos, herramientas.	M	x	x	x	x
P	Coordinar con personal externo reparaciones locativas y de equipos.	M	x	x	x	x
H	Mantener registros de los trabajos efectuados a equipos y de accesorios de los diferentes equipos.	D	x	x	x	x
H	Mantener al día las fichas técnicas de los diferentes equipos e instalaciones.	D	x	x	x	x
H	Mantener actualizadas las hojas de vida de maquinaria, equipos, herramientas.	D	x	x	x	x
A	Brindar entrenamiento al personal a cargo en el manejo y precauciones con la maquinaria, equipos y herramientas.	M	x	x	x	x
A	Realizar la calibración de equipos de medición.	M	x	x	x	x
V	Verificar el cronograma de actividades de mantenimiento preventivo y correctivo de equipos e instalaciones de acuerdo a lo planeado.	D	x	x	x	x

V		Supervisar los registros de las operaciones de mantenimiento.	D	x	x	x	x
V		Seguimiento al cumplimiento del presupuesto del proceso de mantenimiento	M	x	x	x	x
A		Contribuir en el desarrollo de un ambiente de trabajo en armonía y respeto entre el personal a su cargo.	D	x	x	x	x
H		Cumplir y difundir como jefe los principios y requisitos de las Buenas Prácticas de Manufactura.	D	x	x	x	x
A		Realizar cotizaciones de equipos especiales necesarios para mantenimiento.	D	x	x	x	x
A		Participar activamente en los programas implementados en la organización para el mejoramiento de la prestación del servicio.	D	x	x	x	x
H	Liderar el Proceso de Mantenimiento de acuerdo a lo estipulado en el Sistema de Gestión de Calidad.	Dar cumplimiento y seguimiento al sistema de gestión de calidad.	D	x	x	x	x
A		Presentar informe de Gestión del proceso que lidera a la Gerencia.	M	x	x	x	x
A		Llevar y mantener actualizado los indicadores de gestión.	D	x	x	x	x
A		Abrir, ejecutar y cerrar acciones de mejora,	D	x	x	x	x

preventivas y correctivas.

V		Analizar e interpretar cualquier cambio que pudiera afectar el seguimiento del proceso.	D	x	x	x	x
A		Participar de las reuniones convocadas por Gerencia para seguimiento y autoevaluación de procesos.	SP	x	x	x	x
A		Cumplir y hacer cumplir las normas de aseguramiento de la calidad.	D	x	x	x	x
A	Cumplir las normas y procedimientos de la empresa	Cumplir y hacer cumplir las normas de salud y seguridad en el trabajo.	D	x	x	x	x
A		Cumplir con las normas del Reglamento de Higiene y Seguridad Industrial.	D	x	x	x	x
A		Asistir a las capacitaciones que se programen, participar en las actividades de entrenamiento y reentrenamiento y aprobar satisfactoriamente las evaluaciones de conocimientos y de desempeño	SP	x	x	x	x
A		Cumplir con la Política de Presentación Personal.	D	x	x	x	x
A		Cumplir los horarios de ingreso y salida estipulados por la empresa.	D	x	x	x	x
A		Respeto a los superiores y compañeros de trabajo.	D	x	x	x	x
A		Mantener armonía y buen clima laboral dentro de la organización.	D	x	x	x	x

A	Acatar las órdenes de los superiores.	D	x	x	x	x
A	Portar en buen estado de orden y aseo la dotación.	D	x	x	x	x
H	Cumplir con los lineamientos del Reglamento Interno de Trabajo y Reglamento de Higiene y Seguridad Industrial.	D	X	X	X	X
A	Las demás asignadas por el Jefe inmediato inherentes al cargo	SP	x	x	x	x

D= Diario. **S=** Semanal. **Q=** Quincenal. **M=** Mensual.
A= Anual. **SP** = Según proceso.

e. Responsabilidad por máquinas o equipos.

MÁQUINA O EQUIPO	CONTINUAMENTE	CON FRECUENCIA	EN OCASIONES
Sistema de refrigeración	X		
Equipos de transporte		X	
Equipos auxiliares		X	
Elementos de protección trabajos en alturas y		X	

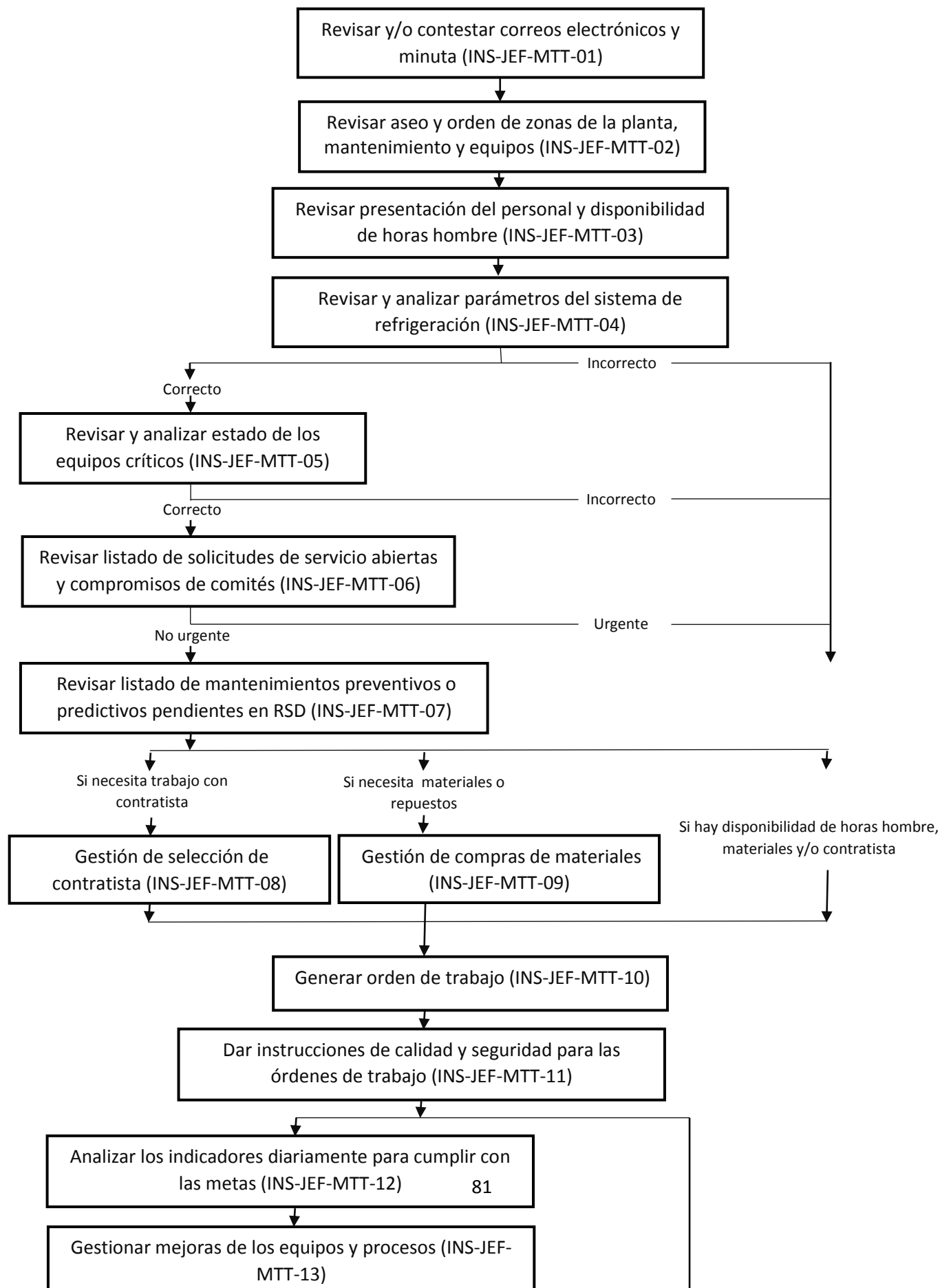
personal			
Herramienta			X

Confirmando que leí, comprendí y acepto para el ejercicio del cargo el contenido de la descripción del cargo para el cual fui contratado en la empresa FRIGORÍFICO METROPOLITANO el cual consta de la identificación del cargo, estructura organizacional, misión, autoridad, competencias, funciones y responsabilidades del cargo.

Firma y Cédula de Ciudadanía.

ANEXO B
RUTA DE TRABAJO PARA EL CARGO DE JEFE DE MANTENIMIENTO

FRIGOMETRO	RUTA DE TRABAJO Y PROCEDIMIENTOS – JEFE MANTENIMIENTO	Código: INS – JEF –MTO - 23
Hoja 80 de 3	RUTA DE TRABAJO	Versión: 1
Elaboró: Luis Jesús Sepúlveda	Revisó: Reinaldo Herrera	Aprobó: Reinaldo Herrera
		Fecha: 14- Agosto -2017



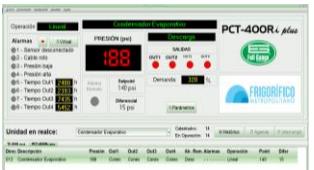


ANEXO C
INSTRUCTIVO 4 PARA LA RUTA DE TRABAJO PARA EL CARGO DE JEFE DE MANTENIMIENTO


FRIGOMETRO	INSTRUCTIVO PARA REVISAR Y ANALIZAR PARÁMETROS DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN	Código: INS- JEF –MTT -04
Hoja 82 de 2	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS	Versión:
Elaboró: LUIS J SEPÚLVEDA	Revisó: REINALDO HERRERA	Aprobó: REINALDO HERRERA Fecha: MARZO- 2017

**NOMBRE DEL PROCESO AL QUE PERTENECE LA RUTA DE TRABAJO:
MANTENIMIENTO**

NOMBRE DEL CARGO: JEFE DE MANTENIMIENTO

DESARROLLO DE LA RUTA

No.	Actividad	Responsable	Registro
1.	Se debe realizar diariamente la verificación de los parámetros de los quipos de refrigeración por medio de la App sitrad o el display de cada equipo.	Jefe de mantenimiento	
2.	Se debe analizar el comportamiento del sistema de refrigeración, validar datos y compararlos con los valores estándares del proceso de acuerdo a las cantidades congeladas.	Jefe de mantenimiento	
3.	Después de haber analizado los datos y haber realizado la respectivo análisis procederá a modificar o no los parámetros de funcionamiento de los equipos, ejemplo: Amperaje, tiempos de deshielo, tiempos de refrigeración, entre otros.	Jefe de mantenimiento	

			 <p>The screenshot shows the control interface for a TC-900 clab. It displays the current temperature as 16.6°C. Below this, there is a table with columns for 'Des', 'Temperatura', 'Cone', 'Cone/Des', 'Refrigerado', 'S', 'P', 'D', and 'H'. The table contains several rows of data, including 'Caraca 1', 'Caraca 2', 'Tubo 1', 'Tubo 2', and 'Tubo 3'.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Des</th> <th>Temperatura</th> <th>Cone</th> <th>Cone/Des</th> <th>Refrigerado</th> <th>S</th> <th>P</th> <th>D</th> <th>H</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>002 Caraca 1</td> <td>-18.0</td> <td>-20.1</td> <td>Cone/Cone/Des</td> <td>01:38</td> <td>Refrigerado</td> <td>S</td> <td>22.0</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>003 Caraca 2</td> <td>-18.0</td> <td>-18.0</td> <td>Cone/Cone/Des</td> <td>01:37</td> <td>Refrigerado</td> <td>S</td> <td>22.0</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>004 Caraca 3</td> <td>-17.0</td> <td>-18.0</td> <td>Cone/Cone/Des</td> <td>01:38</td> <td>Refrigerado</td> <td>S</td> <td>22.0</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>005 Tubo 1</td> <td>-21.4</td> <td>-20.2</td> <td>Cone/Cone/Des</td> <td>01:05</td> <td>Refrigerado</td> <td>No</td> <td>22.0</td> <td>2.0</td> </tr> <tr> <td>006 Tubo 2</td> <td>-21.4</td> <td>-20.0</td> <td>Cone/Cone/Des</td> <td>01:21</td> <td>Refrigerado</td> <td>No</td> <td>22.0</td> <td>2.0</td> </tr> <tr> <td>007 Tubo 3</td> <td>-20.0</td> <td>-20.0</td> <td>Cone/Cone/Des</td> <td>01:30</td> <td>Refrigerado</td> <td>No</td> <td>22.0</td> <td>2.0</td> </tr> </tbody> </table>	Des	Temperatura	Cone	Cone/Des	Refrigerado	S	P	D	H	002 Caraca 1	-18.0	-20.1	Cone/Cone/Des	01:38	Refrigerado	S	22.0	1.0	003 Caraca 2	-18.0	-18.0	Cone/Cone/Des	01:37	Refrigerado	S	22.0	1.0	004 Caraca 3	-17.0	-18.0	Cone/Cone/Des	01:38	Refrigerado	S	22.0	1.0	005 Tubo 1	-21.4	-20.2	Cone/Cone/Des	01:05	Refrigerado	No	22.0	2.0	006 Tubo 2	-21.4	-20.0	Cone/Cone/Des	01:21	Refrigerado	No	22.0	2.0	007 Tubo 3	-20.0	-20.0	Cone/Cone/Des	01:30	Refrigerado	No	22.0	2.0
Des	Temperatura	Cone	Cone/Des	Refrigerado	S	P	D	H																																																										
002 Caraca 1	-18.0	-20.1	Cone/Cone/Des	01:38	Refrigerado	S	22.0	1.0																																																										
003 Caraca 2	-18.0	-18.0	Cone/Cone/Des	01:37	Refrigerado	S	22.0	1.0																																																										
004 Caraca 3	-17.0	-18.0	Cone/Cone/Des	01:38	Refrigerado	S	22.0	1.0																																																										
005 Tubo 1	-21.4	-20.2	Cone/Cone/Des	01:05	Refrigerado	No	22.0	2.0																																																										
006 Tubo 2	-21.4	-20.0	Cone/Cone/Des	01:21	Refrigerado	No	22.0	2.0																																																										
007 Tubo 3	-20.0	-20.0	Cone/Cone/Des	01:30	Refrigerado	No	22.0	2.0																																																										